

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEK KESEN AĞIZLI KESİCİ TAKIMLARLA
ORTAGONAL TALAŞ KALDIRMADA
SICAKLIĞIN TALAŞ KIRILMASINA ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

93775

Mak.Yük.Müh. Murat KIYAK

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi: 22 Haziran 2000

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Erhan ALTAN (YTÜ)

Jüri Üyeleri : Prof.Dr.Oktay BODUR (İTÜ)

Prof. İbrahim UZMAN (KÜ)



İSTANBUL, 2000

SİMGE LİSTESİ.....	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Konunun Önemi	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	2
2. TALAŞ OLUŞUMU VE TİPLERİ.....	3
3. TALAŞ KONTROLÜ, SICAKLIK VE BU KONUDAKİ ÇALIŞMALAR.....	8
3.1 Talaş Kontrolü.....	8
3.1.1 Talaş akışı ve kıvrılması.....	9
3.1.1.1 Yana talaş akış açısı.....	10
3.1.2 Talaş kırılması	13
3.2 Talaş Kaldırmada Isı ve Sıcaklık.....	17
3.2.1 Isı oluşumu.....	19
3.2.1.1 Deformasyon bölgelerinde ısı oluşumu ve sıcaklık.....	21
3.2.1.2 Sıcaklık dağılımı.....	26
3.3 Talaş Kıvrılmasına Isıl Etki.....	27
4. TALAŞ KALDIRMADA OLUŞAN SICAKLIĞIN TALAŞ KIRILMASINA ETKİSİNİN BULUNMASI KONUSUNDA ÖNERİLEN TEORİK YAKLAŞIM.....	29
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	36
5.1 Kullanılan Deneysel Cihaz ve Donatılar	36
5.1.1 Torna tezgahı.....	36
5.1.2 Sıcaklık ölçüm düzeneği ve kalibrasyonu.....	36
5.1.3 Dinamometre ve kalibrasyonu.....	42
5.1.4 Kullanılan takımlar, talaş kırıcılar ve iş parçaları.....	43
5.2 Yapılan Deneysel Çalışmalar ve Sonuçları.....	45
6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR.....	85

EKLER.....	89
Ek1. “a-s”e Göre Deneylerde Elde Edilen, Kesme Kuvveti, Teğetsel Kuvvet, Deforme Olmuş Talaş Kalınlığı, Takım-Talaş Temas Mesafesi, Arayüzey Sıcaklığı ve Yana Talaş Akış Açısı Değerleri	90
ÖZGEÇMİŞ.....	94



SİMGE LİSTESİ

ϕ	Kayma açısı.
v	Yana talaş akış açısı
ε	Talaş malzemesinin kırılma gerinimi
δ	Kesme oranıdır.
Γ	Toplam ısıнын iş parçası içine iletilen kısmı
α	Talaş açısı
γ	Serbest aç
$\Delta\theta_f$	Takım yüzeyinde sürtünmeden dolayı oluşan ortalama sıcaklık
$\Delta\theta_s$	Kayma bölgesindeki plastik deformasyon yüzünden oluşan ortalama sıcaklık miktarı
λ	Eğim açısı
ε_b	Talaşın bükülmesi sonucu dış yüzeylerdeki gerinim
ϕ_c	Talaşla taşınan ısı
θ_f	İkinci deformasyon bölgesinde sürtünmeden oluşan sıcaklık
ε_k	Talaş malzemesinin talaş kırıcıdan geçtikten sonraki gerinimi
θ_m	İkincil deformasyon bölgesinden geçen malzemede sürtünmeden oluşan sıcaklık artışı
ε_s	Kayma gerinimi
θ_s	Birincil deformasyon bölgesinden geçen malzemenin sıcaklık artışı
ϕ_t	Takım içine iletilen ısıнын miktarı
θ_t	Ortalama takım talaş arayüzey sıcaklığı
ΔT_{sz}	Plastik deformasyon bölgesindeki sıcaklık artışı
$\varepsilon_{uçr}$	Kesici takım uç açısı
θ_w	Ortam sıcaklığı(T_w)
ϕ_w	İş parçası içine iletilen ısıнын miktarı
a	Kesme derinliği
b	Talaş genişliği
c	Isıl katsayı
E_s	Kayma düzleminde harcanan kayma enerjisi
F	Kesme kuvveti
F_f	Sürtünme Kuvveti
F_s	Kayma kuvveti.
F_t	Teğetsel Kuvvet
h	Talaş kalınlığı
J	Isının mekanik eşdeğeri
K	Talaş kıvrımı yarıçapları oranı
l	Takım talaş temas uzunluğu
l_0	Takım-talaş temas mesafesi/deforme olmuş talaş kalınlığı
Q_c	İkinci deformasyon bölgesi ısıısı
Q_f	Takım serbest yüzeyi ile iş parçası sürtünmesinden oluşan ısı
Q_s	Kayma bölgesi ısıısı
r	Kesici takım uç yarıçapı
R	Isıl katsayısı
R_c	Talaşın ilk yarıçapı
R_s	Talaşın son yarıçapı
s	İlerleme

T_{ab}	Kayma düzlemi boyunca ortalama sıcaklık
v	Kesme hızı
v_f	Talaş hızı
v_s	Kayma hızı
α	Yerleştirme açısı
α_y	Yan yerleştirme açısı
k	Spesifik ısı katsayısı
C	Katsayı
w_0	İkinci deformasyon bölgesi genişliği
H	Talaş kırıcı yüksekliği
W	Talaş kırıcının kesici takım ucundan mesafesi
τ	Talaş kırıcının kesici takım üzerine yerleştirme açısı
W_{eff}	Talaş akış doğrultusunda kesici takım ucundan talaş kırıcı üst noktasına olan mesafe
z	Elastik deformasyon miktarı



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Talaş oluşumunda plastik deformasyon bölgesi..... 4
Şekil 2.2	Piispanen'in talaş oluşumu modeli ve bu modelle uyuşan talaş oluşumu 4
Şekil 2.3	Talaş tipleri sınıflandırması 6
Şekil 2.4	Talaş Tiplerine göre bir a-s diyagramı 7
Şekil 3.1	Temel talaş akış şekilleri 9
Şekil 3.2	Geriye talaş akış açısı 10
Şekil 3.3	Farklı şartlarda talaş oluşumu 13
Şekil 3.4	Talaş kırılması 14
Şekil 3.5	Talaş kırılması 15
Şekil 3.6	Talaş kırılması..... 15
Şekil 3.7	Talaş kaldırmada ısı kaynakları 20
Şekil 3.8	Talaş kaldırma işleminde hızlar 21
Şekil 3.9	Kesme sıcaklıkları konusunda teorik çalışmalarda kullanılan, kesme işleminin idealize edilmiş modeli..... 23
Şekil 3.10	Γ -R.tg (ϕ) arasındaki ilişki 23
Şekil 3.11	Isıl analizlerde kabul edilen talaşın sınır şartları 24
Şekil 3.12	İkinci deformasyon bölgesinin genişliğinin talaş sıcaklığına etkisi..... 25
Şekil 3.13	İkinci deformasyon bölgesinde talaş kesitinde oluşan deformasyon..... 25
Şekil 3.14	Sıcaklık dağılımı 26
Şekil 3.15	Kesici takımların sıcaklığa bağlı ısı iletkenlikleri..... 27
Şekil 3.16	Sıcaklığın etkisi ile talaş kıvrılması..... 28
Şekil 4.1	Talaş oluşumunda kayma bölgesi..... 30
Şekil 4.2	Talaş kırıcı ile ilişkili yana talaş akışı..... 32
Şekil 5.1	Kullanılan torna tezgahı ve deney seti..... 36
Şekil 5.2	Takım-iş parçası ısı çift yöntemi şematik görünüşü..... 38
Şekil 5.3	Yöntemin uygulanışında takıma bağlantı şekli..... 38
Şekil 5.4	Uygulanan düzeneğin şematik görünüşü..... 39
Şekil 5.5	Düzeneğin kısımlarının görünüşleri..... 39
Şekil 5.6	Isıl çift kalibrasyon sistemi..... 40
Şekil 5.7	İş parçası(St37)-takım(P10) ısı çifti kalibrasyon doğrusu..... 41
Şekil 5.8	İş parçası(1040)-takım(P10) ısı çifti kalibrasyon doğrusu..... 41
Şekil 5.9	İş parçası(St37)-takım(P40) ısı çifti kalibrasyon doğrusu..... 42
Şekil 5.10	İş parçası(1040)-takım(P40) ısı çifti kalibrasyon doğrusu..... 42
Şekil 5.11	Kullanılan dinamometre ve komparatör..... 43
Şekil 5.12	Dinamometrenin kalibrasyonu..... 44
Şekil 5.13	Deneyisel çalışmalarda kullanılan kesici plaket ve takım tutucu..... 44
Şekil 5.14	Deneylerde kullanılan HSS'den hazırlanmış olan talaş kırıcılar..... 46
Şekil 5.15	Kaydediciden alınan sıcaklık-zaman grafiği..... 46
Şekil 5.16a	Tint-a-s diyagramı..... 48
Şekil 5.16b	Tint-a-s diyagramı..... 49
Şekil 5.16c	Tint-a-s diyagramı..... 50
Şekil 5.16d	Tint-a-s diyagramı..... 51
Şekil 5.17a	a-s diyagramları..... 54
Şekil 5.17b	a-s diyagramları..... 55
Şekil 5.17c	a-s diyagramları..... 56
Şekil 5.17d	a-s diyagramları..... 57
Şekil 6.1a	a-s diyagramları-K kriterleri..... 59
Şekil 6.1b	a-s diyagramları-K kriterleri..... 60

Şekil 6.1c	a-s diyagramları-K kriterleri.....	61
Şekil 6.1d	a-s diyagramları-K kriterleri.....	62
Şekil 6.2a	“Kayma bölgesi sıcaklığı(Tab)/Talaş alanı”-“Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	63
Şekil 6.2b	“Kayma bölgesi sıcaklığı(Tab)/Talaş alanı”-“Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki	64
Şekil 6.2c	“Kayma bölgesi sıcaklığı(Tab)/Talaş alanı”-“Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	65
Şekil 6.2d	“Kayma bölgesi sıcaklığı(Tab)/Talaş alanı”-“Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	66
Şekil 6.3a	“Kayma bölgesi sıcaklığı(Tab)/Talaş alanı”-“Kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	67
Şekil 6.3b	“Kayma bölgesi sıcaklığı(Tab)/Talaş alanı”-“Kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	68
Şekil 6.3c	“Kayma bölgesi sıcaklığı(Tab)/Talaş alanı”-“Kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	69
Şekil 6.3d	“Kayma bölgesi sıcaklığı(Tab)/Talaş alanı”-“Kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	70
Şekil 6.4a	“Arayüzey sıcaklığı(Tint)/Talaş alanı”-“Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	71
Şekil 6.4b	“Arayüzey sıcaklığı(Tint)/Talaş alanı”-“Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	72
Şekil 6.4c	“Arayüzey sıcaklığı(Tint)/Talaş alanı”-“Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	73
Şekil 6.4d	“Arayüzey sıcaklığı(Tint)/Talaş alanı”-“Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	74
Şekil 6.5a	“Arayüzey sıcaklığı(Tint)/Talaş alanı”-“Kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	75
Şekil 6.5b	“Arayüzey sıcaklığı(Tint)/Talaş alanı”-“Kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	76
Şekil 6.5c	“Arayüzey sıcaklığı(Tint)/Talaş alanı”-“Kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	77
Şekil 6.5d	“Arayüzey sıcaklığı(Tint)/Talaş alanı”-“Kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki.....	78
Şekil 6.6a	“Kayma gerinimi(ϵ_s)-a-s” diyagramları.....	79
Şekil 6.6b	“Kayma gerinimi(ϵ_s)-a-s” diyagramları.....	80
Şekil 6.6c	“Kayma gerinimi(ϵ_s)-a-s” diyagramları.....	81
Şekil 6.6d	“Kayma gerinimi(ϵ_s)-a-s” diyagramları.....	82

ÇİZELGE LİSTESİ

		Sayfa
Çizelge 5.1	İş parçası malzemesi-takım malzemesi ısıl ilişki denklemleri.....	41
Çizelge 5.2	Kullanılan takımların genel özellikleri.....	45
Çizelge 5.3	Kullanılan iş parçası malzemelerinin genel özellikleri.....	45
Çizelge 5.4	Deney şartları.....	47
Çizelge 5.5	Yana talaş akış açısı denkleminin katsayıları.....	52
Çizelge 5.6	η - ψ değerleri.....	53
Çizelge 6.1	İş parçası ve takım malzemelerine göre “K” kırılma kriterleri.....	83



ÖNSÖZ

Doktora tezimin hazırlanmasında, her aşamada göstermiş olduğu desteklerden dolayı Sayın hocam Prof.Dr.Erhan ALTAN 'a, deneylerde kullanılan sert metal plaketlerin temin edilmesindeki yardımlarından Sayın Mak.Müh.Tahsin ALŞAN'a ve şahsında BÖHLER A.Ş.'ne, manevi desteklerinden dolayı aileme ve değerli mesai arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Mak.Yük.Müh. Murat KIYAK

Şubat 2000



ÖZET

Modern talaşlı şekillendirme işlemlerinde talaş kaldırma hızlarının artmasıyla, işlem esnasındaki ısı etkileri daha önemli olmaktadır. Metallerin ortagonal talaş kaldırılması esnasında sıcaklıkların belirlenmesi bir çok araştırmaya konu olmuştur. İşlem esnasında harcanan enerji, kayma düzlemi olarak adlandırılan, birinci deformasyon bölgesi ve takım talaş ara yüzeyi olarak ifade edilen iki temel bölgede ısıya dönüşür.

Talaş oluşumu esnasında, olaya doğrudan ve dolaylı etkileri olan önemli faktörlerden biri sıcaklık, diğeri de talaş kontrolüdür. Sıcaklık, iki temel bölgede yükselmekte ve talaşın kontrolüne doğrudan etki etmektedir. Diğeri taraftan kesme şartlarından, dolayısıyla sıcaklıktan da etkilenen talaşlar önce kıvrılmakta sonra bu kıvrımlar bir engelle karşılaştığında kırılmaktadır. Kırılan bu talaşlar kabul edilebilir tipteki talaşlardır ve talaşın kırılmasına sıcaklığın etkisi söz konusudur.

Diğeri taraftan, metallerin talaşlı işlenmesinin bulunduğu her endüstrinin verimliliğini etkileyen diğeri önemli parametrelerden biri, talaş formudur. Talaş kontrolü ve kırılması modern, otomatize edilmiş talaş kaldırma işlemlerinde önemli bir problem haline gelmiştir. Bununla beraber yeterli çözümü ne teorik nede pratik olarak yerine getirilememiştir.

Bu tezde, talaş kaldırma esnasında oluşan ısının talaş kırılmasına etkileri incelenmiştir. Bu konuda farklı talaş kırıcılar ve kesme şartları kullanılarak deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Nakayama tarafından önerilmiş olan kırılabilirlik kriterini temel alan, kesme sıcaklığını ve talaş malzemesinin özelliklerini içeren yeni bir formülasyon geliştirilmiş ve deneysel sonuçlar önerilen formülle karşılaştırılmıştır.

ABSTRACT

With the ever increasing cutting speeds used in modern machining operations the thermal aspect of cutting become more and more important. Determination of the temperatures in the removing metal during orthogonal machining has been the subject of many investigations. The rate of energy consumed during machining is converted into heat in the two main regions of plastic deformation in the chip around the so called shear plane and the tool-chip interface.

During chip formation, one of the more important factor that affect this formation by the direct or indirect way is temperature and the other one is chip control. Temperature rises in the main two zone, primary and secondary deformation zones, and affects chip control directly. Otherwise, chip that is affected by cutting conditions, that means that by temperature, is firstly curved and broke when it hits to the any obstacle. Broken chip is the acceptable type chip and in the formation of this kind of chip, the effect of temperature might be taken account.

On the other hand, one of the other important parameter that influence of productivity of every industry, involved in metal cutting, is the form of the removed material or the chip form. Chip control and breaking has become a problem of increasing importance in modern automated machining operations, however its solution has not been satisfactorily carried out either theoretically or practically.

In this thesis, the effect of the generated heat on the chip breaking during machining has been researched. Some experimental studies have been realised on this topic by using some different chip breakers and cutting conditions. A new formulation based on chip breakability criterion that proposed firstly by Nakayama, including cutting temperature and properties of the chip material has been developed and experimental results have been compared with the proposed formula.

1.GİRİŞ

1.1 Konunun Önemi

Talaşlı şekillendirme işlemleri, endüstride yaygın şekilde uygulama alanı bulan şekillendirme yöntemleridir. Endüstriyel alanda, talaşlı şekillendirme konuları, tüm imalat yöntemleri göz önüne alındığında hemen hemen yüzde yetmişini kapsamaktadır.

Günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte rekabet ortamı içerisinde en kaliteli imalatı, en ucuza ve en kısa sürede oluşturmak gerekmektedir. Bu nedenle imalat hızları günden güne artmaktadır. Talaşlı şekillendirmede kesme hızlarının artmasıyla oluşan ısı etkiler günden güne daha da önemli duruma gelmektedir. Bunun yanı sıra CNC tezgahlardaki gelişmelerle birlikte talaş oluşumu ve kontrolü de günümüzde oldukça büyük bir öneme sahiptir. CNC tezgahlar başta olmak üzere tüm talaşlı şekillendirme tezgahlarında talaş kontrolü ve kabul edilebilir talaşların elde edilmesi gerekmektedir.

Kabul edilebilir talaş tanımlaması aynı zamanda talaş kırılması tanımını da içermektedir. Talaş kırılması ise günümüzde oldukça karmaşık bir konu olup, tam anlamıyla çözülebilmüş ve kuralları konulmuş değildir. Örneğin sert metal plakelerin talaş kırıcı gravürleri günümüzde belirli bir teoriye göre değil deneme yanılma şeklinde deneysel çalışmalarla saptanmaktadır.

Talaş kırılması pek çok değişkenden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenmektedir. Bu değişkenlerin önemlilerinden biri de kesme işlemi esnasında oluşan ısıdır ve işlemi doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Oluşan sıcaklığın, plastik deformasyona uğrayarak gerçekleşen talaş kırılmasına etkilerinin saptanması, talaş kaldırma işlemleri için gerekmektedir. Talaş kırılma problemlerinin sıcaklığa bağlı olarak çözümlenmesi de önem kazanmaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı

Konunun önemi kısmında verilen talaş kırılması probleminin tam olarak çözülmesi henüz sağlanmamıştır. Sıcaklık konusunda yapılmış olan önceki çalışmalardan, sıcaklığın talaş oluşumundaki plastik bölgede ve talaşın takımın talaş yüzeyi ile temasta olduğu bölgede etkileri görülmektedir. Talaş kırılması konusunda önceki yapılmış çalışmalarda talaş malzemesinin talaş oluşumu esnasında ve takım talaş arayüzeyi ile temastan sonraki kazandığı özellikleri göz önüne alınmamıştır. Yapılan literatür araştırmalarından “Sıcaklık-Kırılma” ilişkisini teorik olarak inceleyen bir araştırmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, talaşın oluştuğu kayma bölgesindeki plastik deformasyonun ve ısı oluşan bölgelerdeki sıcaklıkların talaş malzemesine olan etkilerini ve talaş kırıcısındaki elastik-plastik bükülme etkisini göz önüne alan bir teori geliştirilmiş, gerçekleştirilen deney sonuçlarının teoriyi desteklediği görülmüştür.



2. TALAŞ OLUŞUMU VE TİPLERİ

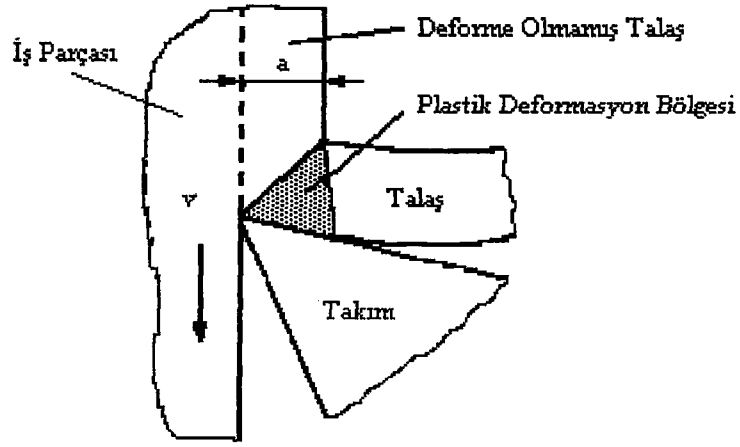
En basit anlamda talaş kaldırma işlemi, bir malzemeden bir parçanın veya parçacıkların koparak ayrılması şeklinde tanımlanabilir. Fakat metallerin işlenmesi açısından göz önüne alındığında talaş kaldırma işlemi; elastik ve plastik şekil değişimine dayanan, sürtünme, ısı oluşumu, talaşın deformasyonu, kırılması, işlenen parçanın yüzeyinin sertleşmesi ve kesici takım aşınmasını içine alan takım performansı üzerine göz ardı edilemez etkileri olan karmaşık bir işlemdir. (Bhattacharya-1969).

Talaş kaldırma işleminin esası bir metalden bir parçanın koparak ayrılması olayı olduğundan, ilk bakışta bir çatlağın oluşması ve bunun büyüyüp ilerlemesi olarak düşünülebilir. Yapılan ilk çalışmalar sonucunda böyle olduğu zannedilmiş fakat daha sonra bunun bir çatlak oluşumu ile olup olmadığı hakkında şüpheye düşülmüştür.

Mallock ve Reuleaux, talaş oluşumunun ilk mikrofotograflarını çekmişler ve olayın bir çatlak oluşumuna dayandığı fikrini ortaya atmışlardır. Kick ise bu görüşe karşı çıkarak talaş kaldırmanın plastik akış temeline dayandığını ortaya atmıştır. Daha sonra geliştirilen mikrofotograf teknikleri yardımı ile Kick'in ortaya attığı fikri destekler bir şekilde talaş kaldırmanın plastik bir akış esasına dayandığı anlaşılmıştır. (Bhattacharya -1969)

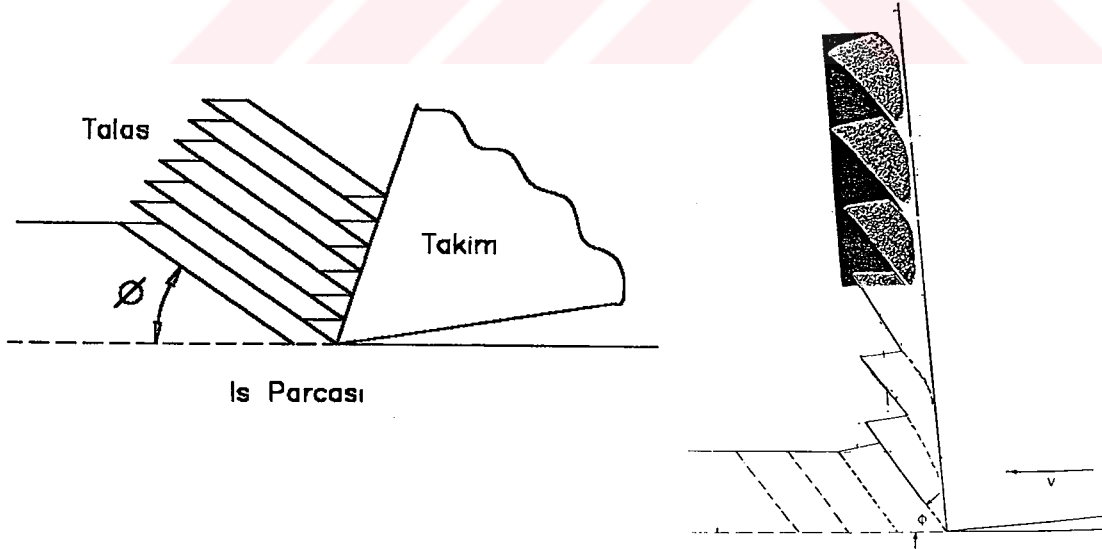
Bir kesici takım yardımı ile talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilirken deforme olmamış talaş bölgesi, önce elastik daha sonra plastik deformasyona uğrar. Plastik deformasyon sonucunda, kesici takım önünde ana metal malzemeden talaş şeklinde ayrılmalar görülür. Bunun yanı sıra görülen deformasyon dağılımının tek bir noktada yoğunlaştığı veya düzgün bir hat halinde olduğunu söylemek mümkün değildir. Talaş kaldırma şartlarına göre değişmekle birlikte genellikle metal malzemelerde talaş kaldırılmasında Şekil 2.1'de görüldüğü gibi iş parçası malzemesi ve kesici takım ile sınırlandırılmış bir plastik deformasyon bölgesi görülür.

Sünek malzemelerin işlenmesi esnasında; oluşan plastik deformasyon bölgesi kesici ucun ön tarafındadır. Deformasyon sonucu, oluşan talaş kalınlığı genellikle deforme olmamış talaş bölgesi kalınlığından daha fazladır. Talaş kaldırma esnasında oluşan deformasyonun kesici takım ön tarafına doğru ilerlemesine bağlı olarak talaş ve iş parçası arasında “kayma bölgesi” veya “birinci deformasyon bölgesi” adı verilen özel bir kayma alanı oluşur.



Şekil 2.1 Talaş oluşumunda plastik deformasyon bölgesi (Zorev,1963)

Kayma düzleminde görülen deformasyonlar kesici takımın ön tarafına doğru artış gösteren bir şekilde dağılım gösterir ve takımın ön tarafında maksimum değerine ulaşır. Böylesine yoğun bir deformasyon oluşumu görülen kayma bölgesi genişliği aksine çok küçüktür. Bu şartlar altında meydana gelen deformasyon “bölgesel bir kayma” karakterine sahiptir (Bhattacharya-1969). Bu bölgesel kayma, Piispanen tarafından Şekil 2.2’de görüldüğü gibi oyun kartlarına benzetilerek modellenmiştir.



Şekil 2.2 Piispanen’in talaş oluşumu modeli ve bu modelle uyuşan talaş oluşumu (Piispanen,1968; Vyas,1977)

Bu açıklamalara bağılı kalarak talaş oluşumu; kesmeye uğramış tabakaların birbiri üzerinden akması sonucu gerçekleşen bir kayma hareketi olarak tanımlanabilir.

Metallerin talaş kaldırma ile işlenmesi esnasında talaş oluşumu ile ilgili sistematik çalışmaların ortaya konulduğu günden bu güne araştırmacılar, talaş oluşum prosesi üzerine çalışmalar yapmışlar, çeşitli etkenlerin talaş oluşumu üzerine etkilerini çeşitli yönlerden ortaya koymuşlardır. Bu konuda varılan en önemli ortak sonuç ; talaş oluşumunun, birbiri ile etkileşim içinde bulunan bir faktörler bütünü'nün yönlendirmeleri doğrultusunda gerçekleşen bir işlem olduğudur.(Nakayama 1979)

Nakayama ve Pekelharing talaş oluşumu üzerine yapmış oldukları çalışmalar sonucunda işleme etki eden faktörleri ve etki derecelerini ortaya koymaya çalışmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda belirlenen talaş oluşumuna etki eden önemli etkenler şu şekilde verilmektedir;

- Takım geometrisi; talaş açısı, yerleştirme açısı, takım uç yarıçapı, eğim açısı
- Takım malzemesi; aşınma, takım yüzeyinde sürtünme şartları
- İş parçası malzemesi; kimyasal bileşim, mekanik özellikler
- Talaş kontrol sistemi; talaş tipi, talaş kırıcı uzaklığı, talaş kırıcı yüksekliği, talaş kırıcı açısı, talaş kırıcı tipi, talaş kırıcının kama açısı
- Tezgah ve donanım; statik ve dinamik özellikleri
- Kesme şartları; ilerleme, kesme derinliği, kesme hızı
- Kesme sıvıları

Talaş kaldırma esnasında elde edilen talaşların, kesme şartları, iş parçası malzemesi, takım geometrisi, tezgah ve donanım gibi etkenler nedeniyle farklı karakteristik özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Bu farklı karakterdeki talaşlar çeşitli araştırmacılar tarafından farklı şekilde sınıflandırılmıştır.

Ernest (1941), yapmış olduğu araştırmalar sonucunda aşağıdaki üç farklı talaş tipini ortaya atmıştır;

- Kesintili talaş tipi
- Devamlı (sarmal) talaş tipi
- Yığma ağız oluşumu görülen devamlı talaş tipi

Loladze ise Ernest'den farklı olarak kendi kriterlerine göre aşağıda belirtilen farklı bir sınıflandırma sunmuştur;

- Düzensiz şekle sahip talaş tipi
- Devamlı talaş tipi olup bu da ikiye ayrılmaktadır; yığma ağzı görülmeksizin talaş tipi, parçalı ve birleşik talaş tipi.

Araştırmacı Brow ise talaş tiplerini aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır;

- Dalgalı formda talaş tipi
- Katostrofik kayma talaş tipi
- Parçalı talaş tipi
- Kesintili talaş tipi.

Nakayama (1962), Kaldor (1979) ve Kluff (1979) adlı araştırmacıların yapmış oldukları ortak çalışmada ise talaş oluşum modellerini, imalat operasyonları üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri dikkate alarak bir sınıflandırma yapmışlar ve oluşan talaş tiplerini iki temel gruba ayırmışlardır. Bu grupta daha yaygın şekilde benimsenmiştir.

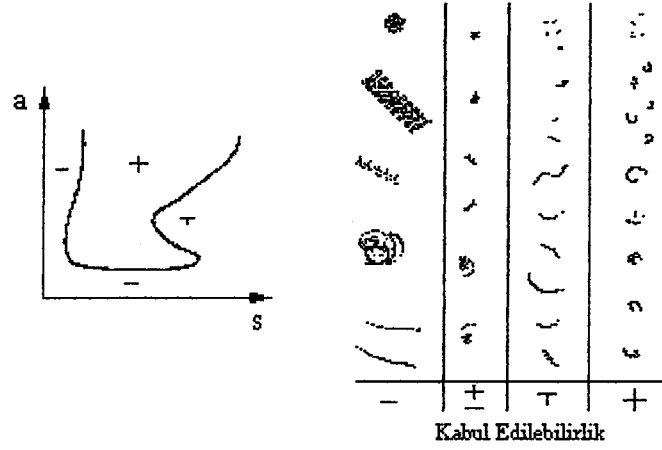
- Kabul edilebilir nitelikteki talaş tipleri
- Kabul edilemez nitelikteki talaş tipleri

Şekil 2.3'de yukarıda belirtilen sınıflandırmalar doğrultusunda, talaş tipleri sınıflandırması verilmektedir.

Talaş Tipleri											
				Uygun							
				Kabul Edilebilir							
				Kabul Edilemez							

Şekil 2.3 Talaş tipleri sınıflandırması (Kluff,1979)

Talaş kaldırma tekniğinde, kesme derinliğine (a) ve ilerlemeye (s) bağlı olarak talaş tiplerini ve bunların uygunluğuna göre de çalışma bölgelerini veren a-s diyagramları (Şekil 2.4) kullanılmaktadır.



Şekil 2.4 Talaş tiplerine göre bir a-s diyagramı (Kaldor,1979)

3. TALAŞ KONTROLÜ, SICAKLIK VE BU KONUDAKİ ÇALIŞMALAR

3.1 Talaş Kontrolü

Talaş kontrolü konusunda yıllardan beri pek çok araştırmacı çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalardan bazıları derleme niteliğinde olup bazıları da konu hakkında temel teoremleri ortaya koyan çalışmalardır. 1964 yılında Pekelharing'in, 1970 'de Spaan'ın, 1978'de Ogawa'nın, 1979'da Kruif'un 1981'de Nakayama'nın, 1988'de Jewahir'in, 1989'da Luttervelt'in 1989'da Nedess'in 1990'da Jewahir'in, ve 1991'de Robert'in bu konuda yapmış oldukları çalışmalar oldukça önemlilerindendir. (Jawahir, Luttervelt, 1993).

Jawahir ve Luttervelt'in 1993'de, bu konuda yapmış oldukları literatür taraması esas alınarak, talaş kontrolü konularındaki çalışmalara bakılacak olursa;

1950'lere kadar takım dizaynı ve geliştirilmesi konularında çalışmalar yapılmıştır. Bu yıllardaki çalışmalarda özellikle takım aşınması ve kesme kuvvetlerinin azaltılması konuları önem kazanmıştır. Bu yıllarda talaş kontrolü üzerinde detaylı durulmamıştır.

Daha sonra 1960'lara kadar araştırma konuları ağırlıklı olarak; talaş akış analizleri ve dıştan takmalı talaş kırıcılarla talaş kırılması konularındadır. Bu dönemlerde, yapılan çalışmalarda, metallerin talaşlı işlenmesinde talaş kırılması oldukça önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Dıştan takmalı talaş kırıcıların kullanımında, talaş kıvrılmasının takım-talaş temas boyu ile ilişkisi araştırılmıştır.

1970'lere kadar olan dönem içinde ise daha çok sınırlandırılmış temaslı takımlarla metal işlemede metal kesmenin mekaniği konularında çalışmaların ağırlık kazandığı gözlenmektedir.

1980'li yıllara kadar olan dönemde talaş akışı, talaş kıvrılması ve talaş kırılması analizleri konularında çalışmalar yoğunluk kazanmıştır.

1990'lara kadar olan dönem içinde ise daha çok yeni talaş kırıcı tasarımları ve talaş kırılabilirliğinin önceden tahmin edilmesi konularında çalışmalar görülmektedir. 1990'lı yılların son dönemlerinde, önceki dönemlerden beri devam etmekte olan araştırmaların "toplam talaş kontrolü" konusundaki eksikliklere yönelik, kesin sonuçlandırma ve kriterleri ortaya çıkarmak için çalışmalar ağırlık kazanmıştır.

3.1.1 Talaş akışı ve kıvrılması

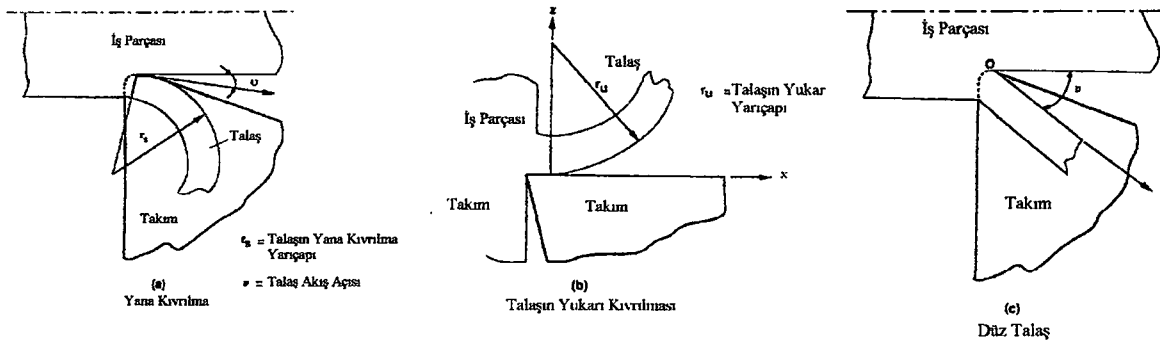
Talaş kaldırma esnasında oluşan talaşın kayma bölgesini belirli bir doğrultuda terk etmesine “talaşın akış hareketi” veya “talaş akışı” adı verilir. Talaş kaldırma işlemlerinde talaş akışı ve talaş akış doğrultusu takım ömrü ve kesme kuvvetleri açısından önem arz etmektedir.

Düz talaş yüzeyli bir kesici takımla, ortagonal şartlarda talaş kaldırıldığında, talaş üç temel şekilde; yana kıvrılan şekilde, yukarı kıvrılan şekilde ve düz şekilde oluşabilir. Bunlar Şekil 3.1.’de şematik olarak verilmektedir. Oluşan tüm talaşlar bu üç temel tipin kombinasyonları şeklindedir. Bu temel talaş formlarında, yana kıvrılma yarıçapı, yukarı kıvrılma yarıçapı ve yana talaş akış açısı talaş kaldırma şartlarına, takım geometrisine, iş parçası malzemesine ve takım malzemesine bağlıdır. Talaş, kayma bölgesini terk ederken iki temel açı değeri talaş akışını doğrudan belirler. Bunlar;

- Yana talaş akış açısı (Şekil 3.1)
- Geriye talaş akış açısı.(Şekil 3.2)

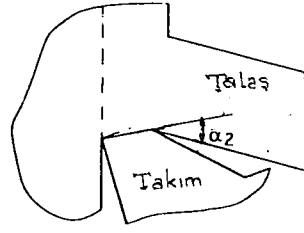
Yana talaş akış açısı, yan kesici ağza sahip takımlarda ilerleme doğrultusundan geçen ve takımın referans düzlemine dik olan düzlemlerle, talaşın takımın talaş yüzeyi üzerinde aktığı doğrultudan geçen ve takımın referans düzlemine dik olan düzlem arasındaki açı olarak tanımlanmaktadır. (Colweell, 1954)

Geriye talaş akış açısı ise özellikle kendinden talaş kırıcı gravürleri olan yada sınırlandırılmış kesici ağza sahip takımlarla talaş kaldırma işlemi esnasında oluşmaktadır. Şekil 3.2’de kendinden talaş kırıcı gravürlü olan bir takım şematik olarak görülmektedir.



Şekil 3.1 Temel talaş akış şekilleri (Jawahir,1993)

(ϕ =Yana talaş akış açısı)



Şekil 3.2 Geriye talaş akış açısı (Seah,1995)

3.1.1.1 Yana talaş akış açısı

Pek çok araştırmacı, ortagonal talaş kaldırmada tek kesen ağızlı takımlarla çalışmalar yapmışlardır. Bu, temel işlemlerde basit geometri sağlamaktadır. Araştırmacılar talaş akış açısı için farklı matematik modeller geliştirmişlerdir. Bazıları bu çalışmalarını deneysel çalışmalarla da desteklemişlerdir. Stabler (1951), Kronenberg (1954), Russel-Brown (1966). Armarego-Brown (1969), Luk (1972), Lin-Oxley (1972), ve Usui (1978), bu konuda araştırmalar yapmışlardır.

Yana talaş akış açısı konularında temel modelleri ortaya koyanlar ise; Zorev (1966), Colwell (1954), Okushima-Minato (1959), Stabler (1964), Armarego (1971) olup, özellikle ortagonal kesmede çalışmalar yapmışlardır. Bu konuda Nakayama 1992 yılında yapmış olduğu çalışmada; Şekil 3.1'de verilen temel modellere ilavede bulunmuştur. Ayrıca eğik kesme konularında, Young (1987), Redetzky (1987), Wang-Mathew (1988), ve son zamanlarda Arsecularatne (1990) da çalışmalar yapmışlardır.

Düz talaş yüzeyli takımlarla talaş kaldırmada yana talaş akış açısını önceden tahmin etmek için oldukça başarılı modeller ortaya konmuştur.

Araştırmacı Stabler 1951'de yana talaş akış açısını eğik kesme için şu şekilde ifade etmiştir;

$$v = \lambda \quad (3.1)$$

daha sonra öne sürülen bu model şu şekilde düzenlenmiştir;

$$v = C. \lambda \quad (3.2)$$

Araştırmacı Colwell 1954'de, bu konudaki çalışmalara temel teşkil eden "Colwell doğrusu"nu kullanarak yana talaş akış açısını önceden belirleyebilmek için aşağıda verilmekte olan 3.3 ve 3.4 nolu formülleri ortaya koymuştur.

$$v = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{2.r.a - a^2 + \frac{s}{2}}}{a} \right) \quad \frac{a}{r} < (1 - \cos(x)) \quad (3.3)$$

$$v = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{a}{\tan x} + r. \tan\left(\frac{x}{2}\right) + \frac{s}{2}}{a} \right) \quad \frac{a}{r} \geq (1 - \cos(x)) \quad (3.4)$$

Spaans'ın (1971)'de deneysel verilerden elde etmiş olduğu ampirik formülü ise şu şekildedir;

$$v = 33,3.r/a + 3,3 + C.\lambda \quad (3.5)$$

Spaans'ın teorisinin yetersiz olduğunu gören Jiang 1984 yılında yapmış olduğu çalışmada, yana talaş akış açısına etki eden pek çok faktörün kombinasyonlar şeklinde etkilerini araştırmış ve bazı verilere ulaşmıştır. Jiang, aşağıda verilen faktörlerin yana talaş akış açısına etkilerinin çok büyük olduğunu belirtmiş ve deneysel çalışmalardan alınan verilerin bir regresyon analizi sonucunda her birinin etkisini içeren bir yaklaşım sunmuştur.

Yana talaş akışı açısı v , kesme hızı ve iş parçası çapı değişimiyle sabit kalmakta, diğer değişkenlerle ise farklı değişimler göstermektedir. Jiang bu veriler altında temelde 6 faktörün yana talaş akışını çok daha fazla etkilediğini gözlemlemiş ve bu faktörlere göre deneysel verilerin sonuçlarına göre aşağıdaki formülü geliştirmiştir.

$$v = 0,208.a^{-0,744}.s^{0,424}.(r+0,45)^{0,682}.(x-16)^{1,28}.0,988^{\alpha} + 0,62.\lambda \quad (3.6)$$

Yana talaş akış doğrultusu uygun olarak seçilmiş bir talaş kırıcı yardımı ile değiştirilebildiği için talaş kontrolü üzerine de doğrudan bir etkisi bulunmaktadır.(Jiang, 1984)

Yana talaş akış yönü ve talaş kontrolü üzerine gerçekleştirilen çalışmalar, geçerliliği olan temellere dayanmalarına rağmen aşağıdaki nedenlerden dolayı açık, kesin ve güvenilir olamamışlardır (Jiang, 1984).

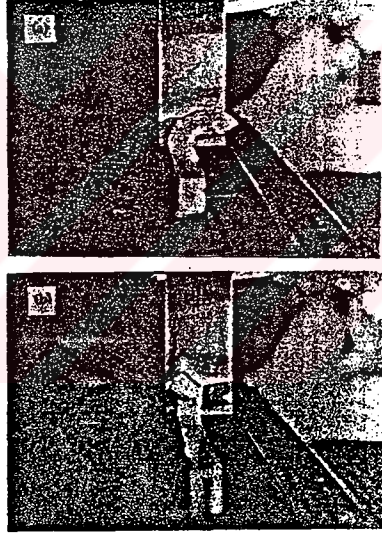
- Yana talaş akışı sadece bir değişkenden değil, bir faktörler kombinasyonundan etkilenmektedir. Tüm bu faktörleri ise teorik olarak analiz etmek çok zordur. Bu nedenle yana talaş akışı ve talaş kontrolü ile ilgili teorik bir bağıntı oluşturulmaya çalışıldığında ortaya birçok sınırlamalar çıkmaktadır.
- Talaş kaldırma işlemlerinde bağımlı değişkenler (yana talaş akış açısı gibi) gelişigüzel bir değişim göstermektedirler. Bu nedenle bağımsız değişkenler yardımıyla matematiksel bir bağıntının oluşturulabilmesi bilinen yöntemler dahilinde çok zordur.

Talaş kıvrılma konusundaki çalışmalara bakılırsa, ortagonal talaşlı işlemede talaş kıvrılma konusunda ilk önemli makaleler, Henriksen'in 1953'de, yine 1953'de Hanh'ın yaptığı gibi hem analitik modellemeler hem de deneysel çalışmalardır. 1965'de Kudo ve çok sonraları 1978'lerde Dewhurst bu konuda kayma-doğrultuları alanlarını sunmuşlardır. Shi ve Ramaligam ise 1991 yılında, talaş kaldırma için kayma-doğrultuları alanlarıyla talaş kıvrılma modelini geliştirmişler ve serbest yüzey aşınma bölgesine sahip talaş kaldırma takımlarıyla işlemede talaş kıvrılması analizi konularında çalışmalar yapmışlardır. Ramaligam (1991) ayrıca, dıştan takmalı talaş kırıcıların uygulanması durumunda da çalışmalar yapmıştır. Daha sonra (1992'de) bu konudaki çalışmalarını, gravürlü takımlarla kayma doğrularını içeren talaş kaldırma durumu için , Jawahir'in 1986 yılında yapmış olduğu çalışmalardan elde edilen deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlar ve olumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Tüm bu çalışmalarda sadece ortagonal şartlar altında talaşlı şekillendirme işlemleri dikkate alınmıştır.

Nakayama 1962'deki ilk çalışmalarında, doğal bir olay olarak talaşın yukarı doğru kıvrılmasını, ve bunun talaş kırıcıyla birlikte talaş kırılmasına etkisini ele almıştır.

Kesme şartları ve takım geometrisi parametreleri, talaşın sadece yukarı doğru kıvrılmasına değil aynı zamanda kesinlikle talaşın yana doğru kıvrılmasına da neden olur. Talaşın yana kıvrımı için izlenen ilk modeller 1972’de Nakayama, 1973’de Venuvinod’a aittirler ve bu modellerle talaşın yana kıvrılmasında pek çok esas faktörün etkili olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca bu konuda 1989 yılında yapmış olduğu çalışmalarda Luttervelt’e göre; kesme kenarının düz olmamasının, ilk hareketin düz bir çizgi halinde olmamasının, kesme kenarının ilk harekete dik olmamasının, talaş basınç oranının talaş genişliği boyunca değişmesinin, talaş kıvrılmasına etkileri bulunmaktadır. Tüm bu faktörler, talaş genişliği boyunca talaş hızının değişimine ve talaşın yana kıvrılmasına neden olur.

Talaşın yana bükülmesinde temas uzunluğunun etkisi De Chiffre ‘nin 1990’da yaptığı çalışmalarda görüntülenmiştir. Şekil 3.3’de kesme sıvısı kullanmadan ve kesme sıvısı kullanarak elde edilen talaş kıvrımları görülmektedir.



Şekil 3.3 Farklı şartlarda talaş oluşumu (De Chiffre, 1985)

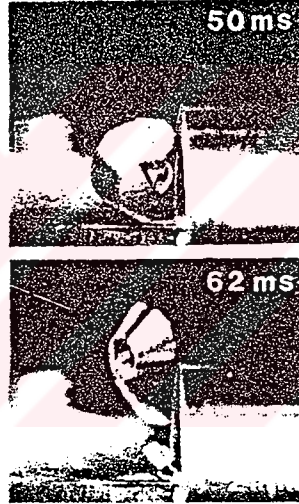
- a) Kesme sıvısı kullanmadan talaş kaldırma
- b) Kesme sıvısı kullanarak talaş kaldırma

3.1.2 Talaş kırılması

Birçok araştırmacı, talaş kontrolü ve talaşın kırılması ile ilgili çeşitli çalışmalar yapmışlar, bu konuda değişik sonuçlar elde etmişlerdir. Bu araştırmacılardan, Kaldor, Ber ve Lenz(1979) yapmış oldukları araştırmalar sonucunda talaş kırılması hakkında aşağıdaki bilgileri ortaya koymuşlardır. Kesme esnasında oluşan uzun talaş şeridinin kırılabilmesi iki temel mekanizma doğrultusunda gerçekleşmektedir;

- Talaş, kesme şartlarından; kesme hızı, kesme geometrisi, takım malzemesi gibi değişkenler dikkatlice seçilerek kırılmaya zorlanabilir. Bu tür bir talaş kırma mekanizması kesici takımda görülen aşınma değerine bağlı olarak değişim gösterebilir.
- Talaş kırılması için en geçerli yöntem; uzun şerit halindeki talaş türlerinin bir talaş kırıcı yardımıyla yönlendirilerek istenen, kabul edilebilir özellikteki talaş tipine ulaşılabilişidir. Bu yöntem aşağıdaki iki değişik adımda gerçekleştirilebilir;
 - Talaşın dış yüzeyinde yüksek eğilme gerilmelerinin oluşmasına neden olacak bir daire yayı şeklinde kıvrılmaya zorlamak,
 - Kıvrılmaya uğramış olan talaşın iş parçasına veya takım tutucusuna yönlendirerek kırılmasını sağlamak.

Talaş kırılma mekanizmasının gerçekleşmesi, Gane'nin talaş kırılması üzerine yapmış olduğu çalışmalarda, Şekil 3.4'de talaşın 50ms(milisaniye)deki oluşumu ve 62ms'deki kırılması görülmektedir. (Gane, 1977)

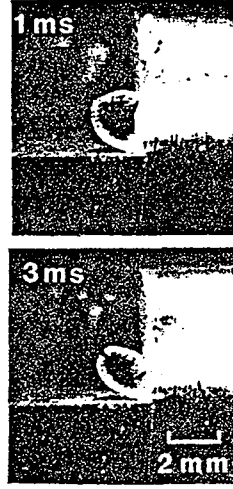


Şekil 3.4 Talaş kırılması (Gane, 1977)

Kırılma, talaşın talaş eğrisine göre tam zıt doğrultuda geriye doğru bükülmesi sonucunda gerçekleşmektedir. Kırılmanın başlangıç noktası maksimum eğilme momentinin bulunduğu talaşın takım yüzeyini terk ederken temas ettiği noktadır.

Gane' nin deneyler esnasında karşılaştığı bir diğer talaş kırılma mekanizması da Şekil 3.5'de görülmektedir. Burada ise kırılma; oluşan talaşın kıvrılma hareketi esnasında iş parçasına doğru yönelmesi ve iş parçası ile teması sonucu gerçekleşmektedir. Bu esnada maksimum eğilme momenti, oluşan talaşın orta noktasında yoğunlaşır ve kırılma bu noktada gerçekleşir.

Uygulanan bir çok kesme işleminde, kesme ortagonal değildir ve talaş kesme ucuna dik bir doğrultuda oluşmaz, bu nedenle talaş, takımın yan yüzeyine temas edene kadar kıvrılır.

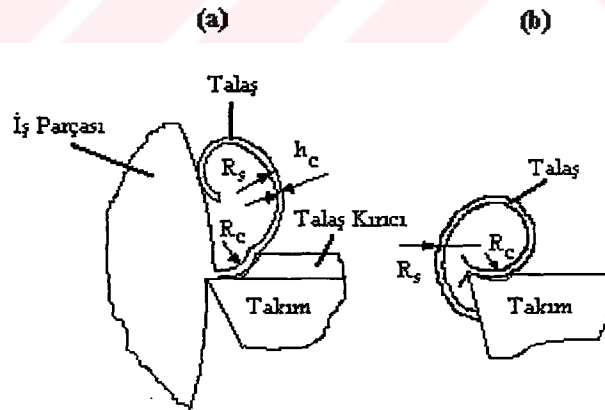


Şekil 3.5 Talaş kırılması (Gane, 1977)

Esas olarak Gane'nin 1977'de deneysel çalışmalar sonucunda ortaya koyduğu gerçeklerin temeli, Nakayama'nın 1962 yılında ortaya koyduğu kırılma teorisinden alınmıştır.

Nakayama'nın bu teorisi Jewahir'in 1992'deki çalışmalarına da temel oluşturmuştur.

Şekil 3.6' de Nakayama'nın talaş kırılması kriteri şematik olarak verilmektedir.



Şekil 3.6 Talaş kırılması (Nakayama, 1962)

Dıştan takmalı talaş kırıcılı yada kendinden gravürlü bir kesici takımla ortagonal talaş kaldırma şartlarında talaşın takım yüzeyi üzerinden talaş kırıcının sonuna kadar yukarı doğru kıvrılması sonucunda oluşan talaş kıvrımı yarıçapı, R_c , değeri olarak gözlenir.

Talaşın dış yüzeylerindeki gerinim değeri (ϵ_b) ise, kalınlık değeri (h) ve talaş yarıçaplarına bağlı olarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir.(Nakayama,1962)

$$\epsilon_b = \pm \frac{h}{2.R_c} \quad (3.7)$$

ϵ_b ; Talaşın bükülmesi sonucu dış yüzeylerdeki gerinimi

Burada “+” işareti talaşın pürüzsüz yüzeyindeki çekme gerilmesini, “-“ işareti de pürüzlü yüzeydeki basma gerilmesini ifade etmektedir. Dış yüzey liflerindeki gerinimin, ilk oluşan talaş eğrisi yarıçapına, R_c değerine, bağlı ifadesi denklem 3.8’deki gibi olacaktır. Takım kırıncıdan sonra talaş serbest olarak akışına devam eder ve bir R_s yarıçap değerine ulaşır. Daha sonrada herhangi bir yere çarpması ile kırılma gerçekleşir (Şekil 3.6). Eğer talaş dikdörtgen bir oluşum şeklinde ise kırılma R_s yarıçapına bağlı olarak gerçekleşir. Bu durumda aşağıdaki bağıntı geçerli olmaktadır. (Nakayama,1962)

$$\epsilon_k = \frac{h}{2} \cdot \left(\frac{1}{R_c} - \frac{1}{R_s} \right) \quad (3.8)$$

ϵ_k ; Talaş malzemesinin talaş kırıncıdan geçtikten sonraki gerinimi

(ϵ_k), talaş malzemesinin kırılma gerinimini (ϵ)’a ulaştığında talaş kırılır. Diğer taraftan R_c ve h değerleri, kesme şartları, kesme hızı, ilerleme, takım geometrisi, takım malzemesi ve iş parçası malzemesi kombinasyonundan doğrudan etkilenmektedir.

Talaş kırıcılı takımların kullanılması durumunda, talaş, kesme işleminde yeteri miktarda eğilme momenti etkisinde kalırsa, eğilme momentinden oluşan gerilimin eğilme dayancını aşması nedeniyle kırılabilecektir. Fakat kırıcının yerinin aşırı eğilme momenti oluşturacak konumda kullanılması pratikte istenmez (Liu, 1992). Talaş kırıcının yeri genellikle düşük kesme kuvveti sağlayacak ve takım ömrünü azaltmayacak şekilde seçilmelidir.

Talaş kırıcı gravürler, talaşı hemen kırmak için değil talaş kırıcıdan ayrıldıktan sonra kırılması için dizayn edilmektedirler. Talaş, talaş kırıcıdan çıktıktan sonra takımın serbest yüzeyi ile, iş parçası ile veya başka bir engelle karşılaşmaktadır. Böylece talaş ters eğilme momenti etkisiyle kırılmaktadır (Liu, 1992). Bu kırılma mekanizması, Şekil 3.6'da dıştan takmalı talaş kırıcı takımlarda ve talaş kırıcı gravürlü takımlarda verilmektedir.

3.2 Talaş Kaldırmada Isı ve Sıcaklık

Metal kesmede, talaş kaldırma esnasında oluşan ısı ve sıcaklığı pek çok araştırmacı ele alıp teorik ve deneysel çalışmalar yapmışlardır. Literatürde, talaş kaldırma için öne sürülen farklı modeller, birbirlerine benzemektedir. Öne sürülen modellerde sıcaklıkla ilgili ölçüm zorlukları ve deneysel verilerin yetersizliğinden dolayı, modellerin en doğru şekilde olabilmesi bazı düzenlemelere gereksinim göstermektedirler.(Stephenson,1991)

1950'li yılların ortalarına kadar talaş kaldırmada sıcaklığın analizi ile ilgili konunun temellerini oluşturabilecek çok sayıda çalışma yapılmıştır. Jaeger'ın 1942'de yaptığı düzlem ısı kaynağı ile ilgili çalışmaları, talaşlı şekillendirmede sıcaklık analizlerinde bir temel oluşturmuştur.

Talaş kaldırma sıcaklığı ile ilgili ilk çalışmalar Trigger ve Chao tarafından 1951 yılında gerçekleştirilmiştir. Bunu takip eden orjinal çalışmalar ise 1954 yılında Loewen ve Shaw tarafından gerçekleştirilmiştir. 1951 yılında Hahn ve 1954 yılında Leone tarafından yapılan kayma düzlem sıcaklığı ile ilgili çalışmalar birbirlerinden çok az farklılık göstermektedir.(Shaw, 1991).

Chao, Trigger ve Zylstra 1952'de, Chao ve Trigger 1953'de, 1951'deki orjinal çalışmalarını geliştirmişlerdir. Chao ve Trigger 1958'de ve Chao, Lee ve Trigger 1961'de talaş-ış parçası ve takım-talaş arayüzeyleri boyunca sıcaklık dağılımı konusunda görüş belirtmişlerdir.

Rapier 1954'de, Weiner 1955'de ve Nakayama 1956'da ayrıca ortagonal kesmede sıcaklık dağılımını göz önüne almışlardır.

Bootroyd 1963'de takım yüzeyine normal doğrultudaki oluşan sıcaklık dağılımını, takım yüzeyinde ısı kaynağını göz önüne almış ve takım yüzeyinin önderliğinde, düzlemsel ısı kaynağının kullanımıyla , takım yüzeyi sıcaklığını önemli ölçüde tespit etmiştir.(Shaw, 1991).

1963 yılında Reznikov metallerin kesilmesinde ısı ve fiziksel etkileri inceleyen çalışmasında talaş kaldırma işleminin ısı akışı ve sıcaklık alanına deneysel ve teorik olarak bir yaklaşım sağlamıştır. Bu çalışmada araştırmacı, kesme sıvısı kullanarak tornalamada ısı transferi ve ısı kaynaklarının dağılımını belirlemeye çalışmıştır. Isı akısının şiddetinin, talaş kaldırma kuvvetlerinin deneysel sonuçlarından hesaplanabilecek duruma getirmiştir. Bu çalışma neticesinde, takım üzerindeki 2. ve 3. bölge sıcaklıklarını bulmanın olası olduğunu ortaya koymuştur. Sonuçta takım talaş ara yüzey sıcaklığına ait deneysel ve teorik eğrilerin benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Temnikov ve Reznikov, (1963) takım ucunda ısı alanları ve ısı iletkenlik ile sıcaklık ilişkilerini incelemişlerdir. Limonov ve Kronotski, (1963) kesici takımların talaş yüzeyi üzerindeki sıcaklıkları deneysel ve teorik olarak araştırmışlardır. Reznikov, (1963) düzlem ısı kaynaklı sabit durum ısı iletimli bir işleme, elektriksel simülasyon yöntemini uygulamıştır. Ortogonal kesme takımları için ısı dağılımlarını elde etmiştir. Fokin, (1963) takım-talaş-iş parçası arayüzeyinde sıcaklık tespiti konulu teorik ve deneysel çalışmasında, temas yüzeyi üzerinde farklı sıcaklıkları ısı çift yöntemiyle belirlemiştir. Arndt ve Brown 1966 ve 1967' de ortogonal talaş kaldırmada takımda sıcaklık dağılımı konusunda teorik ve deneysel çalışmalar yapmışlardır.

Kesme sıcaklıklarının takım ömrü ve kesme kuvvetlerine güçlü etkileri söz konusudur. Pek çok araştırmacı, sıcaklıkların hesaplanması için çalışmış ve çeşitli modeller önermişlerdir. Bunlardan bazıları, Trigger ve Chao 1951, Barrow 1973, Tay 1974, 1976, Bootroyd 1975, Trend 1977, Wright 1980, Smith ve Armarego 1981, Loewen ve Shaw 1984, Venuvinod ve Lau 1986'daki modelleridir. Halen bu konuda çalışmalar devam etmektedir.

Deneysel olarak sıcaklıklar ve sıcaklık dağılımlarının saptanmasındaki zorluklar yüzünden, Nakayama'nın 1956'da, Reichenbach'ın 1958'de ve Smith'in 1981'de yaptığı teorik olarak tespit edilen sıcaklıklar ve ölçülen değerler arasında yapılan karşılaştırmalar değerlendirildiğinde, net bir uyum görülememiştir.

Son zamanlarda geliştirilen sıcaklık ölçüm yöntemleri ve teorik modellemelere temel oluşturan ölçme yöntemlerinin geliştirilmesi sonucunda, Yen ve Wright 1986, Chow ve Wright 1988 ve Stephanson'ın 1991'de yaptığı çalışmalarla, daha gerçekçi sıcaklık ölçümleri ve hesaplamaların elde edilmesi sağlanmıştır.

Yapılan araştırmalarda talaş kaldırmanın termo-mekanik analizleriyle ilgilenilmekte (Hasting 1980) ve talaş kaldırma performansının saptanması için zaman-benzeşim diyagramları (Lee Kapoor 1986) ile sıcaklık oluşumundaki etken faktörlerin birbirleriyle etkileşimleri karşılaştırılmıştır(Stephanson, 1991).

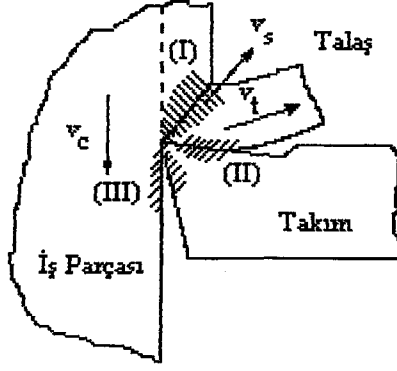
Sıcaklık konusunda günümüzde en çok kabul görerek kullanılan yaklaşımlar temelde dört adet olup bu araştırmacıların yaptıkları çalışmalar Stephenson'un (1991)'deki makalesinde detaylı olarak incelenmiştir. Bu çalışmada, "Loewen-Shaw", "Bootroyd", "Wright" ve "Venuvinod-Lau" nun metallerde talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklık yaklaşımları verilmektedir.

Loewen - Shaw'ın 1984'de, Bootroyd'un 1975'de, Wright'in 1980'de ve Venuvinod ve Lau'nun 1986'da sunduğu modellere göre kayma düzlem sıcaklığı ile takım-talaş ara yüzey sıcaklığı, saptanabilmektedir. Bu modeller Jaeger'in kayma sürtünmeleri çözümlerini temel almakta ve iş parçası ısıl özellik değişimlerini de içermektedir.

3.2.1 Isı oluşumu

Takım tarafından kaldırılmaya çalışılan talaş, kayma bölgesinde plastik şekil değiştirerek esas malzemeden ayrılmaktadır. Bu plastik şekil değiştirme bölgesinde takım tarafından iş parçasının deformasyonu için harcanan enerji ısı enerjisine dönüşmektedir.

Talaşlı şekillendirmede, kesme işlemi için verilen mekanik enerji, ısıya dönüşmekte bunun sonucunda yüksek kesme sıcaklıkları oluşmaktadır. Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan ısının ana kaynakları Şekil 3.7'de görülmektedir.



Şekil 3.7 Talaş kaldırmada ısı kaynakları

- Kayma bölgesinde (I nolu bölge), birinci plastik deformasyon oluşmakta ve Q_s ısıısı ortaya çıkmaktadır.
- Takım talaş ara yüzeyi (II nolu bölge), ikinci plastik deformasyon bölgesi olarak anılmakta ve sürtünmeden dolayı Q_c ısıısı oluşmaktadır.
- Takım ile iş parçası ara yüzeyinde (III nolu bölge), takımın serbest yüzeyi ile iş parçası arasında sürtünmeden meydana gelen Q_f ısıısı oluşmaktadır.

Bu durumda toplam ısı (Q_t), elde edilebilir.

$$Q_t = Q_s + Q_c + Q_f \quad (3.9)$$

Herhangi bir malzeme elastik deformasyona uğradığında; işlem için harcanan enerji, gerinim enerjisi olarak malzeme içine depolanır ve ısı oluşmaz. Bununla birlikte; malzemede plastik deformasyon olduğunda; kullanılan enerjinin büyük bir miktarı ısı enerjisine dönüşmektedir.

Talaşlı şekillendirmede işlenen malzeme, aşırı derecede yüksek gerilmelere maruz kalır ve toplam deformasyonun çok küçük bir kısmı elastik deformasyon şeklinde oluşup, büyük bir kısmı ise plastik deformasyon şeklindedir. Böylece, parça üzerine yüklenen enerjinin çok büyük kısmı ısı enerjisine dönüşebilir (Bootroyd, 1975).

Mekanik enerjinin, ısı enerjisine dönüşümü, plastik deformasyonun iki temel bölgesinde görülmektedir (Bootroyd, 1975). Birinci ve ikinci deformasyon bölgeleri.

3.2.1.1 Deformasyon bölgelerinde ısı oluşumu ve sıcaklık

Burada, birinci ve ikinci deformasyon bölgelerindeki ısı oluşumu ayrı ayrı ele alınmıştır. Bhattcharya (1969) yaptığı araştırmalarda Jaeger'in "hareketli ısı kaynağı" konusunda yapmış olduğu termodinamik esaslı çalışmayı temel olarak kabul etmiş ve matematiksel olarak formülasyon sunmuştur;

Kayma düzlemi boyunca harcanan kayma enerjisi;

$$E_s = F_s \cdot v_s \quad (3.10)$$

dir. Bu enerji şu şekilde yazılabilir;

$$F_s \cdot v_s = F \cdot v - F_f \cdot v_f \quad (3.11)$$

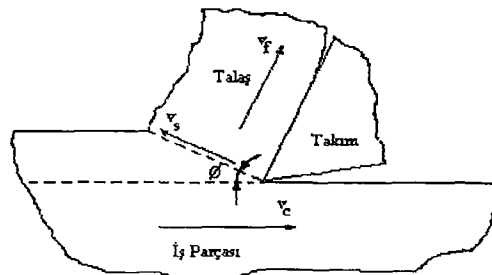
Talaş kaldırma işleminde geçerli üç önemli hız Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Bunlar şu şekildedir:

v = Kesme hızı

v_f = Talaş hızı

v_s = Kayma hızı

$\vec{v}_s = \vec{v}_f + \vec{v}$ dir.



Şekil 3.8 Talaş kaldırma işleminde hızlar

Bu enerjinin ısıya dönüşen kısmı %A olarak alındığında; birinci deformasyon bölgesi sıcaklığı;

$$\theta_s = \frac{A[F \cdot v - F_f \cdot v_f]}{J \cdot a \cdot b \cdot \cos \epsilon \phi} \quad (3.12)$$

Denklemden, J; ısıнын mekanik eşdeğeri, A ise 0.98-1.00 arasında bir sabittir.

Bu ısıнын ((1-Γ).Q_s) miktarı talaşla atılmaktadır, ve (Γ).Q_s miktarı da iş parçasına geri dönmektedir (Bhattacharya, 1969).

Kayma bölgesinde oluşan toplam ısıнын talaşa giden kısmı ((1-Γ).Q_s);

$$A \cdot (1 - \Gamma) \left[\frac{F \cdot v - F_f \cdot v_f}{J} \right] \quad (3.13)$$

Bu ısı, talaşın sıcaklığının yükselmesinde kullanıldığında;

$$\frac{A \cdot (1 - \Gamma)}{J} [F \cdot v - F_f \cdot v_f] = c \cdot \rho \cdot v \cdot a \cdot b [\theta_s - \theta_w] \quad (3.14)$$

burada c.ρ; kayma bölgesi sıcaklığında talaş malzemesinin volumetrik spesifik ısısıdır.

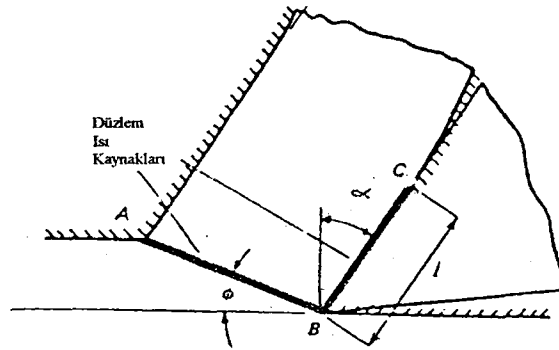
Böylece;

$$\theta_s = \frac{A \cdot (1 - \Gamma) [F \cdot v - F_f \cdot v_f]}{J \cdot c \cdot \rho \cdot v \cdot a \cdot b} + \theta_w \quad (3.15)$$

Burada θ_s = Kayma bölgesi sıcaklığı ve θ_w = ortam sıcaklığıdır.

Weiner ve Rapier talaş kaldırma işlemlerinde yaygın olarak kullanılan ideal modeli benimsemişler ve talaş ile kayma bölgesindeki sıcaklıkların teorik analizleri konularında çalışmışlardır. Bu model Şekil 3.9'da verilmektedir.

//// = İzole Edilmiş Yüzey



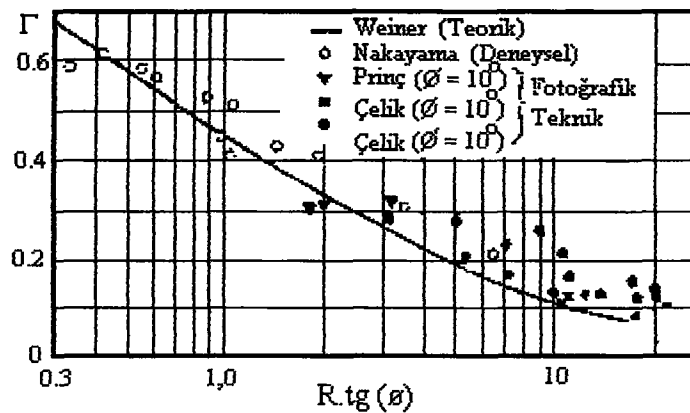
Şekil 3.9 Kesme sıcaklıkları konusunda teorik çalışmalarda kullanılan, kesme işleminin idealize edilmiş modeli (Bootroyd, 1975)

Talaş oluşumu esnasında birinci deformasyon bölgesinde meydana gelen ısı bir diğer çalışmada, Bootroyd'un 1975 yılında Weiner ve Rapier'i temel alarak yapmış olduğu çalışmada ele alınmıştır. Bootroyd'a göre Γ , $R.tg(\phi)$ 'nin fonksiyonudur.

$$R = \frac{\rho.c.a.v}{k} \quad (3.16)$$

ϕ = Kayma açısı, R: ısıl katsayıdır

Şekil 3.10'da Weiner'in teorik elde ettiği eğri ve Nakayama'nın deneysel bulguları verilmektedir. Bu şekle göre deneysel sonuçlarla teori birbirine uyum göstermektedir. Bu grafikten faydalanarak $R.tg(\phi)$ 'ye bağlı olarak Γ bulunabilir.



Şekil 3.10 Γ -R.tg (ϕ) arasındaki ilişki (Bootroyd,1975)

Rapier'in (1954) talaş sıcaklığı analizinde, talaş ve takım arasındaki sürtünmeden oluşan ısı kaynağının üniform bir ısı kaynağı olduğu ve sınır şartları ile aşağıdaki denklemin çözümüyle elde edilebileceği kabul edilmiştir(Bootroyd, 1975)

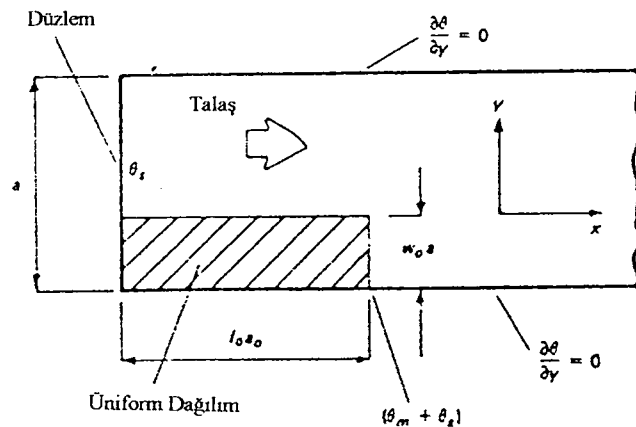
$$\frac{\partial^2 Y}{\partial y^2} - \frac{R}{a} \cdot \frac{\partial Y}{\partial x} = 0 \quad (3.17)$$

Çözüm sonucu şu denklem elde edilir;

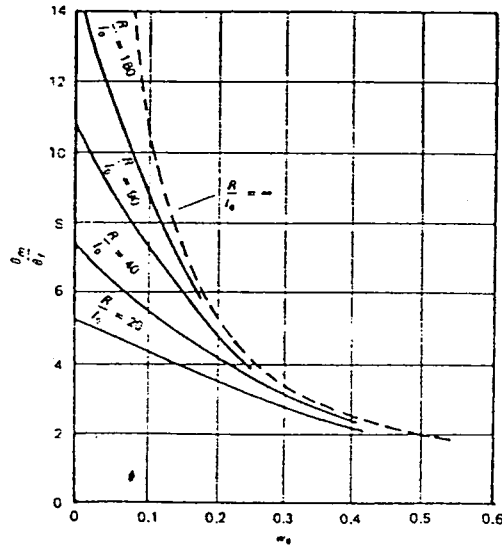
$$\frac{\theta_m}{\theta_f} = 1.13 \sqrt{\frac{R}{l_0}} \quad (3.18)$$

burada; l_0 =Takım-talaş temas mesafesi/deforme olmuş talaş kalınlığıdır (l/h) dir

Deneysel sonuçlar ile denklemin karşılaştırılması Rapier'in teorisinin bir hayli yüksek θ_m (ikinci deformasyon bölgesinden geçen malzemede sürtünmeden dolayı oluşan sıcaklık artışı) değerleri verdiğini göstermiştir. Bunun nedeni takım ve talaş arasındaki sürtünmenin talaşın deformasyonuna sebep olması ve ısı kaynağının talaşın içinde yayılma göstermesindendir. Şekil 3.11'de görülen sınır şartları gerçek şartlara oldukça yakın bir yaklaşım gösterdiği düşünülmekte ve düzeltilmiş model esaslı analizin, deneysel veriler ile uyumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu sonuçlar, Şekil 3.12'de gösterilen, üniform olarak dağılmış ısı kaynağının genişliğinde değişimin etkisini gösterir.



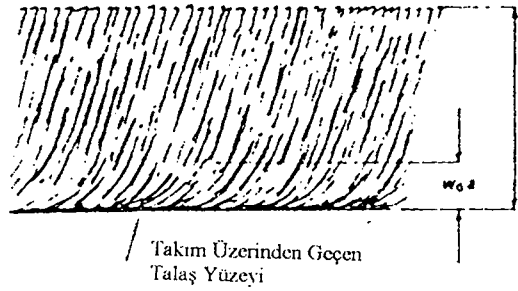
Şekil 3.11 Isıl analizlerde kabul edilen talaşın sınır şartları (Boothroyd,1975)



Şekil 3.12 İkinci deformasyon bölgesinin genişliğinin talaş sıcaklığına etkisi (Bootroyd,1975)

(w_0 =İkinci deformasyon bölgesi genişliği)

Bu eğriler kullanıldığında l_0 değeri, takım yüzeyi üzerinde aşınmadan bulunabilir ve ısı kaynağının genişliği talaş enine kesiti mikro fotoğraflarından saptanabilir. Bir talaş kesiti Şekil 3.13’de verilmektedir. Burada maksimum tane uzama hatları eğriler şeklindedir.



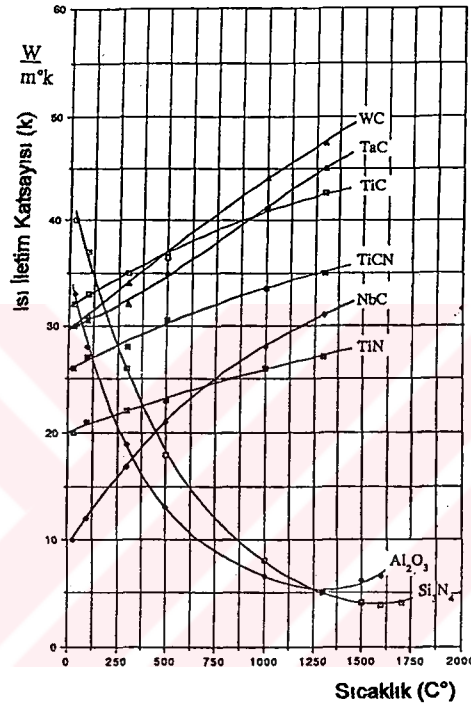
Şekil 3.13 İkinci deformasyon bölgesinde, talaş kesitinde oluşan deformasyon

(Bootroyd,1975)

ϕ_m = Toplam ısı, ϕ_c = Talaşla taşınan ısı, ϕ_w = İş parçasına iletilen ısı, ϕ_t = Takıma iletilen ısıdır.

3.3 Talaş Kıvrılmasına Isıl Etki

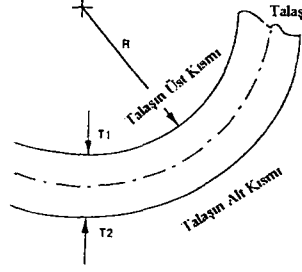
Talaş kaldırma esnasında oluşan ısı enerjisinin bir miktarı, kesici takımın ısıl iletkenliğine bağlı olarak talaşa transfer edilmektedir. Çoğu takım malzemesinin ısıl iletkenliği, gerek kaplamalı gerek kaplamasızda, sıcaklığın artmasıyla artmaktadır. Sadece alüminyum oksit yada silisyum nitrür gibi bazı malzemelerde bu davranış ters yönde olmakta, sıcaklığın artmasıyla ısıl iletkenlik azalmaktadır, Şekil 3.15’de bu durum genel olarak verilmektedir.



Şekil 3.15 Kesici takımların sıcaklığa bağlı ısıl iletkenlikleri (Jawahir, 1993)

Kesici takımın ısıl iletkenliği çok düşük olduğunda, talaştaki sıcaklık özellikle talaşın alt kısmında oldukça yüksek olacaktır. Böylece talaş Şekil 3.16’da şematik olarak görüldüğü gibi ısıl bi-metalik yay gibi davranacaktır. (Jawahir, 1993)

T_2 sıcaklığı T_1 sıcaklığından daha yüksek ise, ısıl gerilmeler sonucunda daha küçük yarıçaplarla talaş kıvrılmasına neden olacaktır. Diğer taraftan eğer kesme takımı çok iyi ısıl iletkenliğe sahip ise, talaşın yarıçapı daha geniş olacaktır. Bu durum, uç bir örnek olarak çok düşük hızlarda talaşlı işleme yapıldığında sonsuz yarıçaplı uzun talaş olarak görülür.



Şekil 3.16 Sıcaklığın etkisi ile talaş kıvrılması (Jawahir, 1993)

Bu durumda, talaş temas boyu ile kesici takımın özellikleri arasında bir ilişki vardır. Düşük ısı iletkenliği olan kesici takım malzemelerinin kullanımı durumunda, kısa temas uzunluğu ve küçük yarıçaplı talaşlar görülmektedir. Bundan dolayı, talaşlar kesici takımdan hemen ayrılır ve takım üzerinde krater aşınması kesme kenarına çok yakın oluşur. Bu durum talaş kırıcısız düz talaş yüzeyli takımlarda görülmektedir. (Jawahir, 1993)

Ayrıca, talaş kaldırma işlemleri esnasında soğutma sistemleri kullanıldığında, soğutma sisteminin farklılığına ve takımın ısı iletkenliğinin değişimine bağlı olarak, farklı talaş kıvrımları oluşabilir.

4. TALAŞ KALDIRMADA OLUŞAN SICAKLIĞIN TALAŞ KIRILMASINA ETKİSİNİN BULUNMASI KONUSUNDA ÖNERİLEN TEORİK YAKLAŞIM

3.1 bölümünde talaş kaldırmada talaş kontrolü, 3.2. bölümünde talaş kaldırma esnasında ısı oluşumu konuları ve 3.3 bölümünde ise sıcaklıkla talaş kıvrılması arasındaki ilişkiler verilmiştir.

Bu bölümde ise, önceki konular temel alınarak talaş kaldırmada oluşan sıcaklık ile talaş kırılması arasındaki ilişkiyi verebilecek bir teorik yaklaşımın geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla önce talaş kaldırmada ısı denklemleri ele alınmış kayma bölgesindeki kayma gerinimi (ϵ_s) ile takım-talaş arayüzeyi (T_{int}) ve kayma bölgesindeki (T_{ab}) sıcaklıklar arasındaki ilişkiyi oluşturmak amaçlanmıştır.

Birinci ve ikinci deformasyon bölgelerinde oluşan sıcaklıklar ve birbirleriyle ilişkileri, 1975 yılında Bootroyd tarafından ele alınmış daha sonra 1989 yılında Oxley tarafından daha detaylı şekilde sunulmuştur. Burada sıcaklık konusunda Oxley'in (1989) çalışması esas olarak alınmıştır.

$$T_{ab} = T_w + \eta \cdot \Delta T_{sz} \quad (4.1)$$

T_{ab} , kayma düzlemi boyunca ortalama sıcaklık, T_w ; iş parçası ilk sıcaklığı (ortam sıcaklığı), η ; $0 < \eta \leq 1$ arasında bir faktör, ΔT_{sz} ise, plastik deformasyon bölgesindeki sıcaklık artışıdır. Oxley'e (1989) göre;

$$\Delta T_{sz} = \frac{(1 - \Gamma) \cdot F_s \cdot \cos(\alpha)}{\rho \cdot c \cdot a \cdot b \cdot \cos(\phi - \alpha)} \quad (4.2)$$

(4.2) nolu denklem, (4.1) nolu denklemde yerine konursa;

$$T_{ab} = T_w + \eta \cdot \left[\frac{(1 - \Gamma) \cdot F_s \cdot \cos(\alpha)}{\rho \cdot c \cdot a \cdot b \cdot \cos(\phi - \alpha)} \right] \quad (4.3)$$

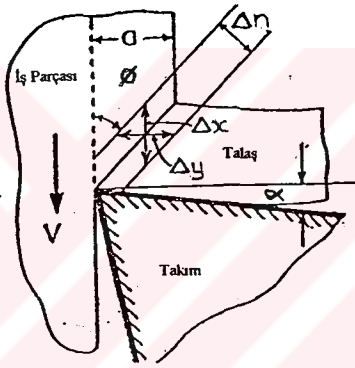
Γ değeri ($0 \leq \Gamma \leq 1$) arasında yer aldığı belirtmiş olup, aşağıdaki şekilde bulunabilir; (Oxley, 1989)

$$\Gamma = 0.5 - 0.35 \log(R.tg(\phi)) \quad 0.04 \leq (R.tg(\phi)) \leq 10.0 \text{ de\u0131erleri i\u00e7in}$$

$$\Gamma = 0.3 - 0.15 \cdot \log(R \cdot \text{tg}(\phi)) \quad 10.0 \leq (R \cdot \text{tg}(\phi)) \quad \text{değerleri için}$$

R: boyutsuz ısıl katsayı, ϕ : Kayma açısı

Oxley'in kayma bölgesi teoremine göre, talaş kaldırma esnasında kayma bölgesinde oluşan gerinim değeri aşağıda verilmektedir.(Oxley, 1989)



Şekil 4.1 Talaş oluşumunda kayma bölgesi

$$\varepsilon_s = \frac{\cos(\alpha)}{\sin(\phi) \cdot \cos(\phi - \alpha)} \quad (4.4)$$

(4.4) denkleminde ortaya konmuş olan gerinim değeri ile, yukarıda (4.3) denklemi ile verilmiş olan kayma düzlem sıcaklığı arasında bir ilişki kurabilmek için (4.3)'teki T_{ab} eşitliğinin kayma gerinimi değerini içermesi gerekmektedir. Bu durumu sağlayabilmek için $\sin\phi$, T_{ab} eşitliğinin pay ve paydası ile çarpılmalıdır. Böylece T_{ab} ile (ϵ_s) arasındaki ilişki elde edilmiş olur.

$$T_{ab} = \frac{\sin(\varnothing)}{\sin(\varnothing)} \cdot \left\{ T_w + \eta \cdot \left[\frac{(1-\Gamma) \cdot F_s \cdot \cos(\alpha)}{\rho \cdot c \cdot a \cdot b \cdot \cos(\varnothing - \alpha)} \right] \right\} \quad (4.5)$$

$$T_{ab} = T_w + \eta \cdot \left[\frac{(1-\Gamma) \cdot F_s \cdot \sin(\varnothing)}{\rho \cdot c \cdot a \cdot b} \cdot \left\{ \frac{\cos(\alpha)}{\cos(\varnothing - \alpha) \cdot \sin(\varnothing)} \right\} \right] \quad (4.6)$$

Elde edilmiş olan (4.6) denklemi düzenlenirse (4.7) denkleminde ulaşılır.

$$T_{ab} = T_w + \eta \cdot \left[\frac{(1-\Gamma) \cdot F_s \cdot \sin(\varnothing) \cdot \varepsilon_s}{\rho \cdot c \cdot a \cdot b} \right] \quad (4.7)$$

Buradan ε_s (kayma gerinimi) değeri eşitliğin diğer tarafına çekilirse;

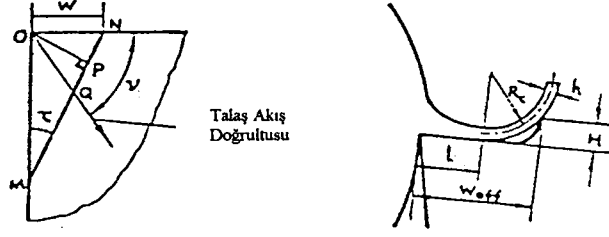
$$\varepsilon_s = \frac{(T_{ab} - T_w) \cdot \rho \cdot c \cdot a \cdot b}{\eta \cdot (1-\Gamma) \cdot F_s \cdot \sin(\varnothing)} \quad (4.8)$$

elde edilir.

Talaşlı şekillendirmede talaşın kırılabilmesi için Nakayama'nın 1962'de öne sürdüğü talaş kırılma modeli, 3.1.2 bölümünde verilmiş ve Şekil 3.6.'da gösterilmiştir. Bu konuda Nakayama tarafından önerilen bağıntı, talaşın önce talaş kırıcıda R_c yarıçapı ile elastik-plastik deformasyona uğradığı, talaş kırıcıdan sonra talaşın geri esneyerek R_s yarıçapına ulaştığı ve $K=R_s/R_c$ olduğu kabul edilerek çıkartılmıştır. Bu bağıntı şu şekildedir;

$$\varepsilon_k = \frac{h}{2 \cdot R_c} \left(1 - \frac{1}{K} \right) \quad (4.9)$$

Burada (ε_k), talaş malzemesinin kırılma gerinimine eşit alındığında K , kırılma kriteri olarak kabul edilebilmektedir. Jiang ise 1984 yılında talaş kırılması konusunda araştırmalar yapmış, Nakayama'nın öne sürdüğü talaş kırılma bağıntısı üzerinde çalışmış; talaşın talaş kırıcı nedeniyle yapmış olduğu ilk bükülme yarıçapı olan R_c değerini belirleyebilmek için bir bağıntı kullanmıştır. (Şekil 4.2)



Şekil 4.2 Talaş kırıcı ile ilişkili yana talaş akışı (Jiang.1984)

$$R_c = \frac{(W_{eff} - l)^2}{2.H} + \frac{H}{2} - \frac{h}{2} \quad (4.10)$$

$$W_{eff} = \frac{W \cdot \cos(\tau)}{\cos(\nu - \tau)} \quad (4.11)$$

(4.11) denklemi (4.10)'da yerine konursa;

$$R_c = \frac{\left[\left(\frac{W \cdot \cos(\tau)}{\cos(\nu - \tau)} \right) - l \right]^2}{2H} + \frac{H}{2} - \frac{h}{2} \quad (4.12)$$

Burada;

W: Talaş kırıcının kesici takım ucundan mesafesi

τ : Talaş kırıcının kesici takım üzerinde yerleştirme açısı

ν : Yana talaş akış açısı

l : Takım-talaş temas mesafesi

H : Talaş kırıcı yüksekliğidir

h :Talaş kalınlığı

Talaş kırıcıda talaşın yarıçapı R_c (ilk yarıçap) talaşın yana talaş akış açısı (ν)'ye bağlıdır.

Bir bükme işleminde bükülme ve sonrasında geri esneme yarıçapları, bükülen parçanın kalınlığı ve malzemenin özellikleri göz önüne alınırsa (4.13) denklemi yazılabilir.

(Kayalı,1986)

$$\frac{R_c}{R_s} = 4 \cdot \left(\frac{R_c \cdot \sigma_{ak}}{E \cdot h} \right)^3 - 3 \cdot \left(\frac{R_c \cdot \sigma_{ak}}{E \cdot h} \right) + 1 \quad (4.13)$$

Burada σ_{ak} : Malzemenin akma gerilmesidir

E : Malzemenin elastikiyet modülü

(4.13) nolu denklem talaş kırılması için kullanıldığında, talaş malzemesinin akma gerilmesinin kayma bölgesinin etkisi ile malzemenin orjinal akma gerilmesinden farklı olacağı göz önüne alınmalıdır. Nakayama 1962’de gerçekleştirdiği deneysel çalışmasında, σ_{ak} ile ϵ_s (kayma gerinimi) arasındaki ilişkiyi bir talaş parçası üzerinde testler uygulayarak deneysel olarak elde etmiştir. Bu çalışmada alaşımsız çelikler için, talaşın akma gerilmesi ile kayma gerinimi arasında lineer bir ilişki (Denklem 4.14) olduğu görülmektedir.

$$\sigma_{ak} = -12\epsilon_s + 102 \quad (4.14)$$

(4.14) denkleminde (4.8) denklemi yerine konulduğunda ve (4.14) denklemi de (4.13) denkleminde yerine konularak, $K = R_s/R_c$ alındığında;

$$K = \frac{1}{4 \frac{R_c^3 \left(-12 \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot a \cdot b \cdot (T_{ab} - T_w)}{\eta \cdot F_s \cdot \sin(\phi) \cdot (1 - \Gamma)} + 102 \right)^3}{h^3 E^3} - 3 \frac{R_c \left(-12 \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot a \cdot b \cdot (T_{ab} - T_w)}{\eta \cdot F_s \cdot \sin(\phi) \cdot (1 - \Gamma)} + 102 \right)}{h \cdot E} + 1} \quad (4.15)$$

elde edilir. Bu denklemde K, kırılma kriteri olarak kabul edilmekte ve T_{ab} (Kayma bölgesi sıcaklığı) ile arasındaki ilişki görülmektedir.

(4.8) denkleminde T_{ab} ‘nin yerine T_{int} cinsinden karşılığı konulduğunda talaş kırılma kriteri K ile takım talaş ara yüzey sıcaklığı T_{int} arasında ilişki de elde edilebilir.

Oxley 1989’a göre arayüzey sıcaklığı (4.16) denklemi ile elde edilebilir.

$$T_{int} = T_w + \Delta T_{sz} + \psi \cdot \Delta T_M \quad (4.16)$$

Burada, ΔT_{sz} eşitliği (4.2) nolu denklemden alınıp (4.16) nolu denklemde yerine konulursa;

$$T_{int} = T_w + \frac{(1-\Gamma)}{\rho \cdot c \cdot a \cdot b} \cdot \frac{F_s \cdot \cos(\alpha)}{\cos(\varnothing - \alpha)} + \psi \cdot \Delta T_M \quad (4.17)$$

ψ ; $0 < \psi < 1$ arasında bir katsayıdır.

(4.3) denkleminden T_w çekilerek

$$T_w = T_{ab} - \eta \cdot \left[\frac{(1-\Gamma)}{\rho \cdot c \cdot a \cdot b} \cdot \frac{F_s \cdot \cos(\alpha)}{\cos(\varnothing - \alpha)} \right] \quad (4.18)$$

yazılabilir. (4.16) denkleminde, (4.18) denklemiyle T_w , (4.2) denklemiyle de ΔT_{sz} , yerine konulursa takım talaş arayüzey sıcaklığı T_{int} , yeniden T_{ab} (Kayma bölgesindeki sıcaklık)'a göre düzenlenirse aşağıdaki bağıntılar elde edilir.

$$T_{int} = T_{ab} - \eta \cdot \left[\frac{(1-\Gamma)}{\rho \cdot c \cdot a \cdot b} \cdot \frac{F_s \cdot \cos(\alpha)}{\cos(\varnothing - \alpha)} \right] + \frac{(1-\Gamma)}{\rho \cdot c \cdot a \cdot b} \cdot \frac{F_s \cdot \cos(\alpha)}{\cos(\varnothing - \alpha)} + \psi \Delta T_M \quad (4.19)$$

$$T_{ab} = T_{int} + \eta \cdot \left[\frac{(1-\Gamma)}{\rho \cdot c \cdot a \cdot b} \cdot \frac{F_s \cdot \cos(\alpha)}{\cos(\varnothing - \alpha)} \right] - \frac{(1-\Gamma)}{\rho \cdot c \cdot a \cdot b} \cdot \frac{F_s \cdot \cos(\alpha)}{\cos(\varnothing - \alpha)} - \psi \Delta T_M \quad (4.20)$$

ΔT_M değeri 1975'de Bootroyd'un sonraları 1989'da Oxley ve 1992'de Tamg'in çalışmalarında belirtildiği şekilde bulunup (4.21) denklemine yerine konmalıdır. Söz konusu araştırmacılara göre;

$$\log\left(\frac{\Delta T_M}{\Delta T_C}\right) = 0.06 - 0.195 \cdot \delta \cdot \left(\frac{R \cdot b}{l}\right)^{1/2} + 0.5 \cdot \log\left(\frac{R \cdot b}{l}\right) \quad (4.21)$$

δ : Kesme oranı olup kesme derinliğinin talaş kalınlığına oranıdır.

4.21 denklemine, l ; takım-talaş temas uzunluğudur.

$$\Delta T_C = \frac{F_f \cdot \sin(\varnothing)}{\rho \cdot c \cdot a \cdot b \cdot \cos(\varnothing - \alpha)} \quad (4.22)$$

$$R = \frac{\rho \cdot c \cdot v \cdot a}{k} \quad (4.23)$$

(4.22) ve (4.23) denklemleri, yukarıda verilen (4.21) denkleminde yerine konularak, ΔT_M çözülürse, iki kök elde edilir. Bu çözüm MapleV programı kullanılarak elde edilmiştir.

$$\Delta T_{m_1} = \frac{\sqrt{\rho c a b k l v e^{\left(3/25 + \frac{39}{100} \delta \sqrt{\frac{\rho c v a b}{k l}}\right)} F_f \sin(\varnothing)}{\rho c a b k l e^{\left(3/25 + \frac{39}{100} \delta \sqrt{\frac{\rho c v a b}{k l}}\right)} \cos(\varnothing - \alpha)} \quad \Delta T_{m_2} = - \frac{\sqrt{e^{\left(-3/25 + \frac{39}{100} \delta \sqrt{\frac{\rho c v a b}{k l}}\right)} \rho c a b k l v \sin(\varnothing) F_f}}{e^{\left(-3/25 + \frac{39}{100} \delta \sqrt{\frac{\rho c v a b}{k l}}\right)} \rho c a b k l \cos(\varnothing - \alpha)} \quad (4.26)$$

Talaş kaldırma şartlarında ΔT_M negatif olamaz. Pozitif kök alındığında ve denklem (4.20)'de yerine konduğunda T_{ab} (Kayma bölgesi sıcaklığı), T_{int} (takım-talaş arayüzey sıcaklığı) cinsinden bulunmuş olur.

(4.26) denklemindeki ΔT_M 'in pozitif kökü (4.20) denkleminde yerine konarak T_{ab} elde edilmiş olur. Böyle (4.20) denklemi (4.15) denkleminde yerine konduğunda takım-talaş arayüzey sıcaklığı (T_{int}) ile talaş kırılma kriteri (K) arasındaki ilişki de denklem (4.27)'de elde edilmiş olur.

$$K = 1 / \left(4 \frac{Rc^3 \left(-12 \frac{\rho c a b \left(T_w - T_{int} - \frac{(\eta - 1)(1 - \Gamma) F_s \cos(\alpha)}{\rho c a b \cos(-\varnothing + \alpha)} + \frac{\Psi \sqrt{\%1 \rho c a b k l v \sin(\varnothing) F_f}}{\%1 \rho c a b k l \cos(-\varnothing + 1. \alpha)} \right)}{\eta F_s \sin(\varnothing) (1 - \Gamma)} + 102 \right)}{h^3 E^3} - 3 \frac{Rc \left(-12 \frac{\rho c a b \left(T_w - T_{int} - \frac{(\eta - 1)(1 - \Gamma) F_s \cos(\alpha)}{\rho c a b \cos(-\varnothing + \alpha)} + \frac{\Psi \sqrt{\%1 \rho c a b k l v \sin(\varnothing) F_f}}{\%1 \rho c a b k l \cos(-\varnothing + 1. \alpha)} \right)}{\eta F_s \sin(\varnothing) (1 - \Gamma)} + 102 \right)}{h E} + 1 \right) \quad (4.27)$$

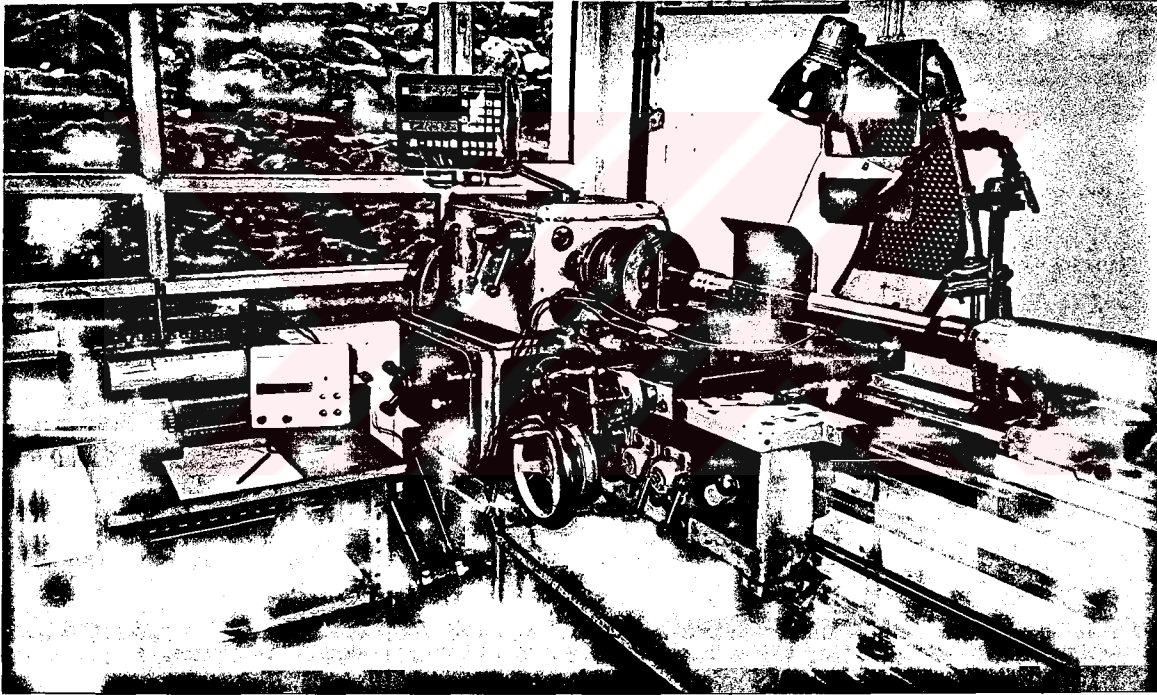
$\%1 := e^{\left(-3/25 + \frac{39}{100} \delta \sqrt{\frac{\rho c v a b}{k l}}\right)}$

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1 Kullanılan Deneysel Cihaz ve Donatılar

5.1.1 Torna tezgahı

Bu çalışmada kullanılan tezgah, universal bir torna tezgahıdır. Stankoimport marka 1A616 model. Punta yüksekliği 175mm, puntalar arası mesafe 600mm'dir. Kademeli hız ayar mekanizmasına sahip olup, devir kademeleri 21 adettir. Tezgah motor gücü 4.0 kW' dır. Her devirde 4 farklı ilerleme kademesine sahip tezgah aşağıda görülmektedir. Ayrıca, tezgahın z eksenini 0.01mm hassasiyetinde, EAE marka digital konum kontrolü ünitesine sahiptir.



Şekil 5.1 Kullanılan torna tezgahı ve deney seti

5.1.2 Sıcaklık ölçüm düzeneği ve kalibrasyonu

1920'li yıllara kadar talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan sıcaklıklarla çok fazla ilgilenilmemiştir. Daha sonra 1924 yılında Amerika'da Shore, aşağı yukarı aynı zamanlarda Almanya'da Gottwein ve 1926'da İngiltere'de Herbert tarafından, talaş kaldırma takımlarında talaş yüzeyi boyunca sıcaklığı belirlemek için takım-iş parçası ısı çifti tekniği geliştirilmiştir.

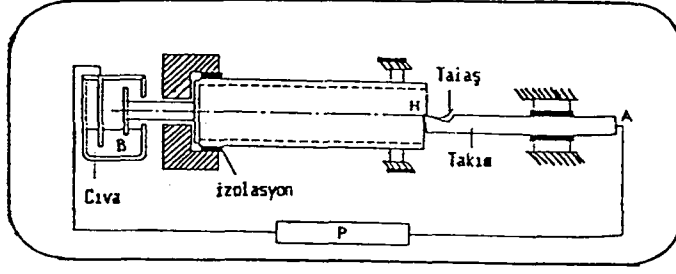
Talaş kaldırma işlemlerinde kesme takımı ile iş parçası, ısı çifti oluşturacak şekilde bağlanabilmekte ve burada takım-talaş ara yüzeyinde sıcak temas söz konusu olmaktadır.

Talaş kaldırma işlemleri esnasında, kayma bölgesinde ve takım-talaş arayüzeyinde meydana gelen sıcaklıkların ölçümü için çeşitli araştırmacılar tarafından farklı yöntemler geliştirilmiştir (Altan,1995). Bu yöntemlerin önemlileri şunlardır:

- Kalorimetre yöntemi
- Sıcaklık ölçümünde ısı çifti (termokupl) yöntemi
 - Tel Isıl Çift Yöntemleri
 - İş parçasına gömülmüş tel ısı çifti yöntemi
 - Takıma gömülmüş tel ısı çifti yöntemi
 - Talaş kırıcı altına yerleştirilen tel ısı çifti yöntemi
 - Kesilen tek tel-takım-ısı çifti yöntemi
 - Çift malzemeli takım yöntemi
 - Takım iş parçası ısı çifti yöntemi
- Radyasyon esaslı sıcaklık ölçüm yöntemleri
 - Radyasyon pirometresi ile sıcaklık ölçüm yöntemi
 - Fotosel kullanarak sıcaklık ölçümü
 - Radyasyon esaslı fotoğraf yöntemi
- Eriyen toz malzeme yöntemi
- Dağlama Yöntemi

Yapılan bu çalışmada yukarıda belirtilen yöntemlerden “Takım-İş Parçası Isıl Çifti” yöntemi kullanılmıştır. Takım-talaş ara yüzeyi sıcaklığının ölçümü için Herbert-Gottwein tarafından geliştirilen takım iş parçası ısı çifti tekniği şematik olarak Şekil 5.2’de verilmektedir. Şekilde yöntemin uygulanışının şematik devresi görülmektedir. A ve B noktaları oda sıcaklığında soğuk temas durumunda iken, takım ve talaş H noktasında sıcak temas durumundadır. Tüm bu noktalar deney esnasında oda sıcaklığının üstüne çıkabilmektedir(Shaw, 1991).

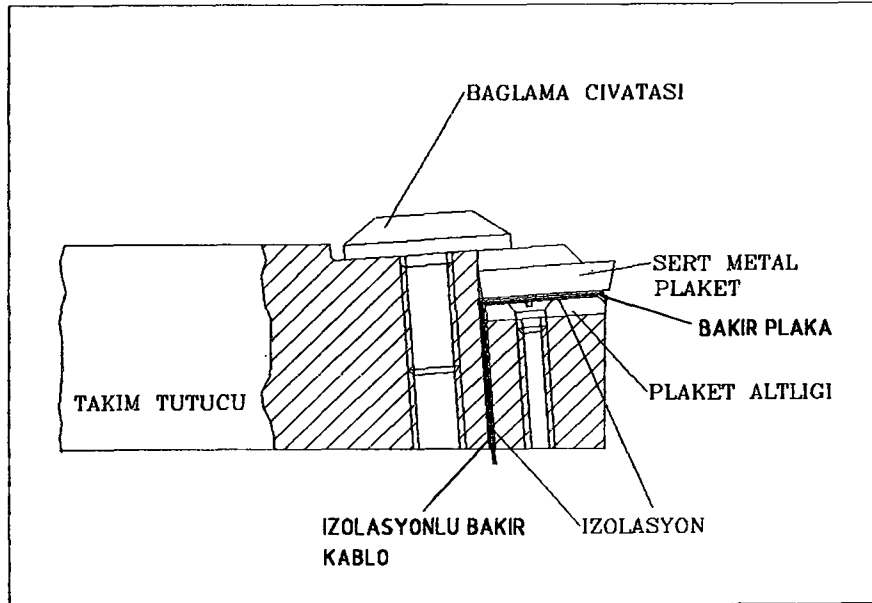
Takım-iş parçası ısı çifti uygulamaları oldukça basit olup, sınırlamalar söz konusu değildir. Ölçümde elde edilen değer, talaşla takım arasında oluşan tüm temas alanındaki sıcaklıktır.



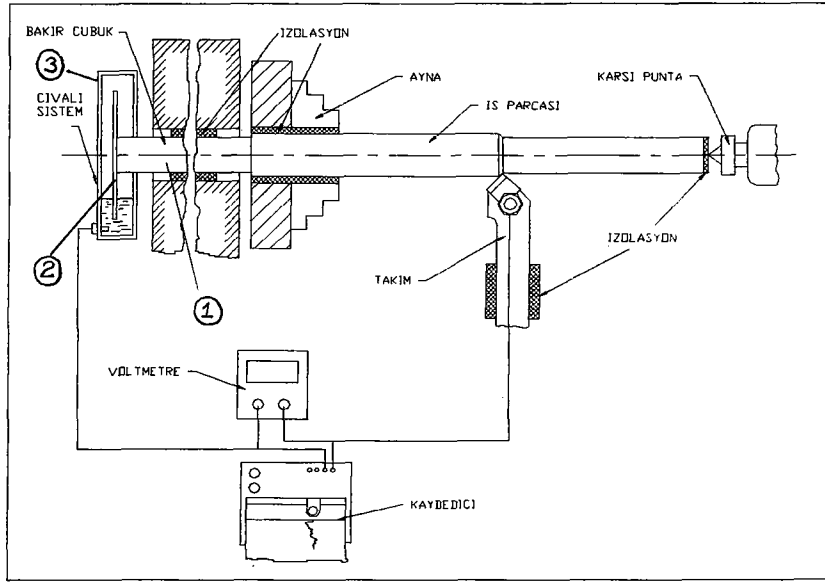
Şekil 5.2 Takım-iş parçası ısıl çift yöntemi şematik görünüşü (Shaw,1991)

Burada ayrıca yığma ağız oluşumuna dikkat edilmesi gerekmektedir. Çünkü yığma ağız oluşumu söz konusu ise elde edilen sıcaklık değerleri gerçek değerlerden farklı olacaktır. Burada sorun olarak karşımıza çıkabilecek bir diğer durum da kalibrasyonun statik şartlar altında tatmin edici olmasına rağmen, talaş kaldırma durumunda da geçerli olduğunun kabulüdür. (Shaw, 1991).

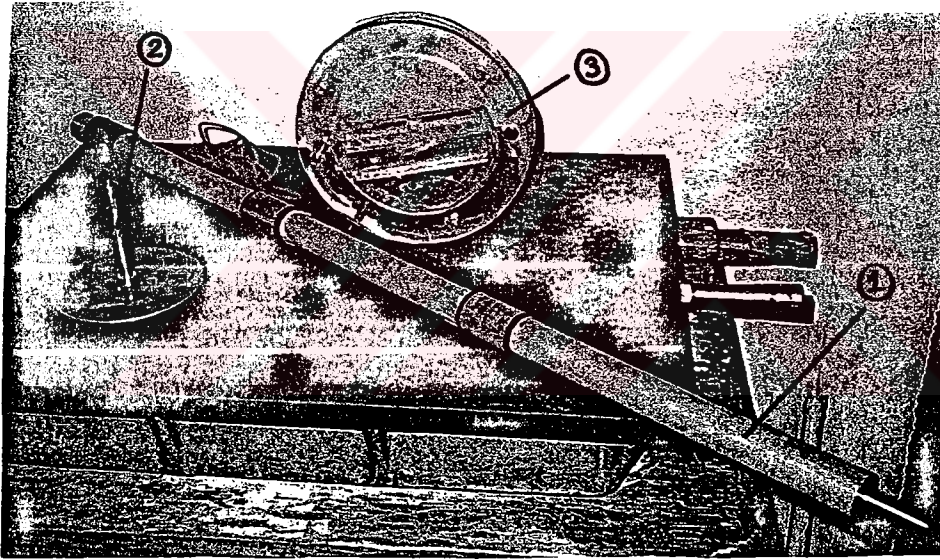
Takım-iş parçası ısıl çift yönteminde takıma yapılan bağlantının şematik görünüşü Şekil 5.3'de verilmektedir. Bağlantı şekli, elektromotiv (e.m.f.) kuvvetin ölçülebilmesi için uygunluk göstermektedir (Altan, 1998). Kullanılan donatımın şematik görünüşü Şekil 5.4'de ve donatımın kısımlarının görünüşü de Şekil 5.5'de verilmektedir.



Şekil 5.3 Yöntemin uygulanışında takıma bağlantı şekli

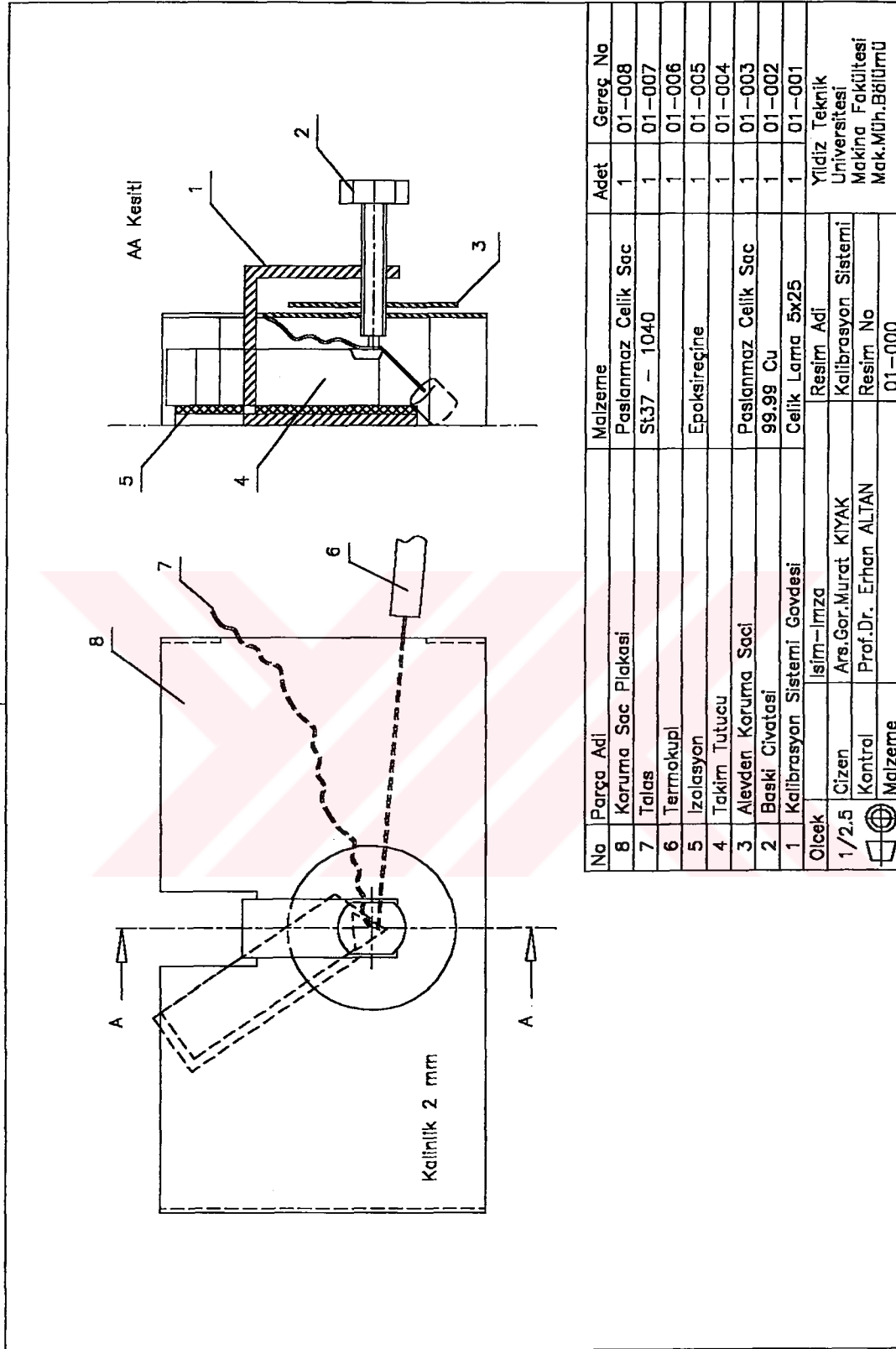


Şekil 5.4 Uygulanan düzeneğin şematik görünüşü



Şekil 5.5 Düzeneğin kısımlarının görünüşleri

Bu yöntemde ısı çiftin kalibrasyonunu yapmak gerekmektedir. Kalibrasyon, Şekil 5.6'da verilmekte olan ve bu işlem için özel olarak tasarlanmış ve imal edilmiş bulunan özel bir kalibrasyon sistemi kullanılarak yapılmıştır. Kalibrasyonda oksijen-asetilen alevi kullanılmış olup, Şekil 5.6'daki 2 nolu bakır baskı civatası üzerine doğrudan alev gönderilmiştir. Sıcaklık civatadan iş parçasından imal edilmiş olan talaşa ve takım altından bağlı bulunan bakır plakaya ulaşmaktadır. Böylelikle takım ve iş parçası arasında oluşan e.m.f ölçülmüş ve aynı zamanda dijital termometreden sıcaklıklar ölçülmüş ve grafikler elde edilmiştir. (Şekil 5.7-5.8-5.9-5.10)

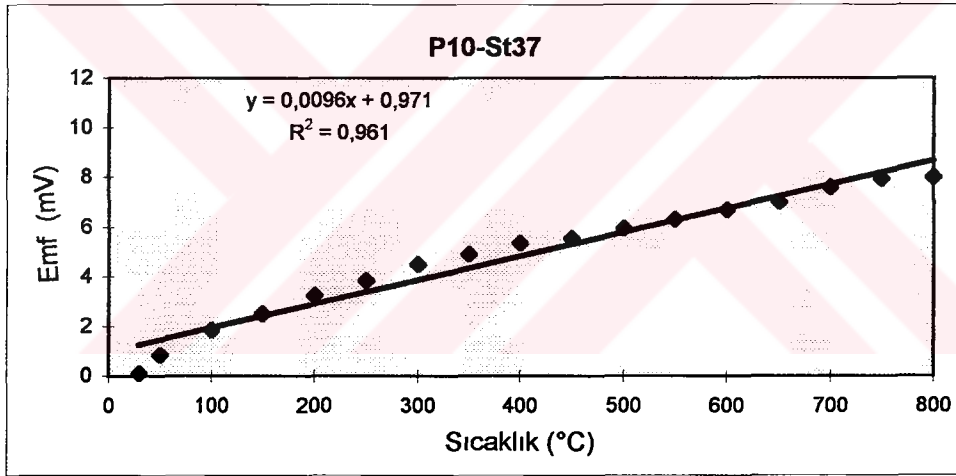


Şekil 5.6 Isıl çift kalibrasyon sistemi

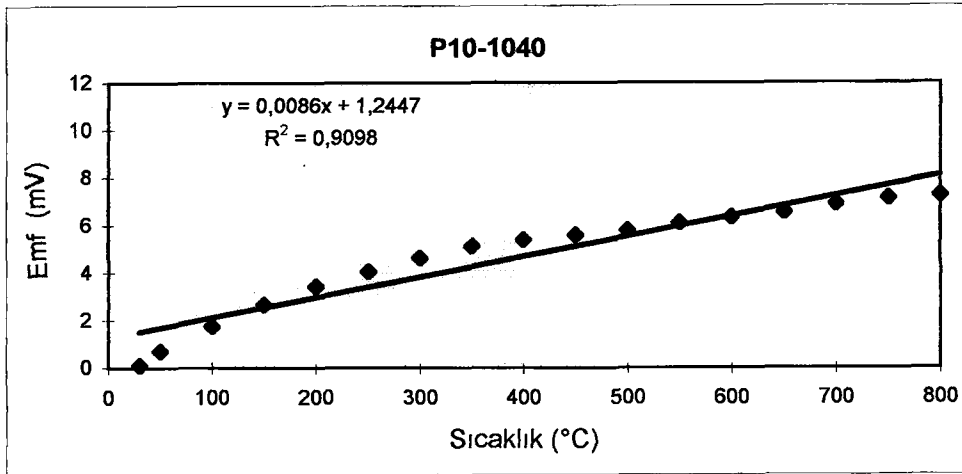
İş parçası-takım ısı çiftinin kalibrasyonu için iş parçalarından (St37 ve 1040) elde edilen ve kesiti $\sim 0.20\text{mm}^2$ olan uzun bir talaş, iş parçaları yerine kullanılmıştır. Kalibrasyon eğrileri, kalibrasyon esnasında sıcaklıkların karşılığı olarak HC-779 tip DMM Autorange marka digital bir multimetreden okunan mV değerleri ile elde edilen noktalardan, lineer regresyonla, yüksek korelasyon katsayıları veren doğru denklemleri olarak elde edilmiştir. Çizelge 5.1’de belirtilen bu değerler verilmektedir. Kalibrasyonlar esnasında, Techoterm 9400 tip bir dijital termometreden de yararlanılmıştır.

Çizelge 5.1 İş parçası malzemesi-takım malzemesi ısı ilişki denklemleri

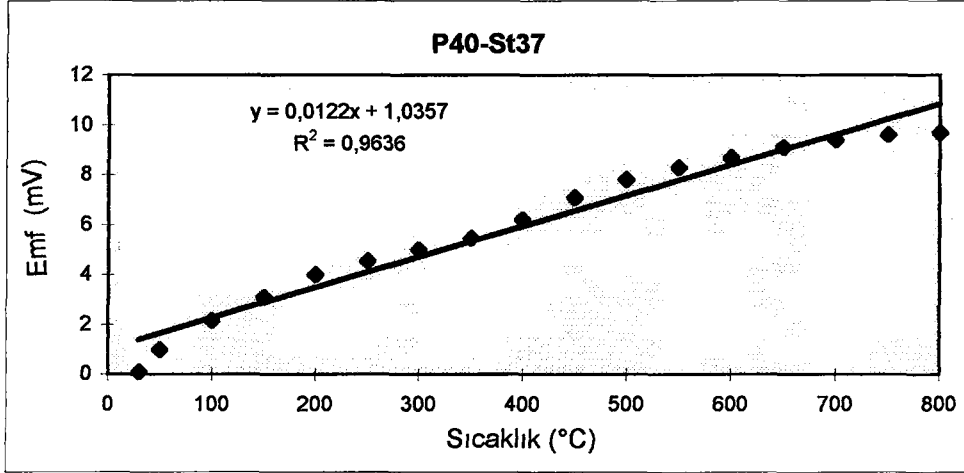
İş parçası malzemesi	Takım malzemesi	Korelasyon katsayısı	Isıl ilişki denklemleri
St37	P10	0.9610	$0.00960x+0.971$
St37	P40	0.9636	$0.0122x+1.0357$
1040	P10	0.9098	$0.0086x+1.2447$
1040	P40	0.9610	$0.0104x+0.5145$



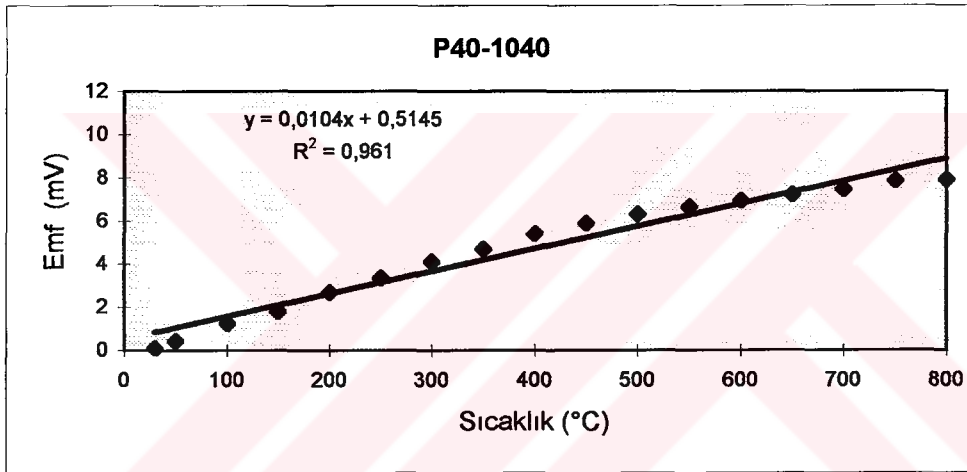
Şekil 5.7 İş parçası(St37)-takım(P10) ısı çifti kalibrasyon doğrusu



Şekil 5.8 İş parçası(1040)-takım(P10) ısı çifti kalibrasyon doğrusu



Şekil 5.9. İş parçası(St37)-takım(P40) ısı çifti kalibrasyon doğrusu

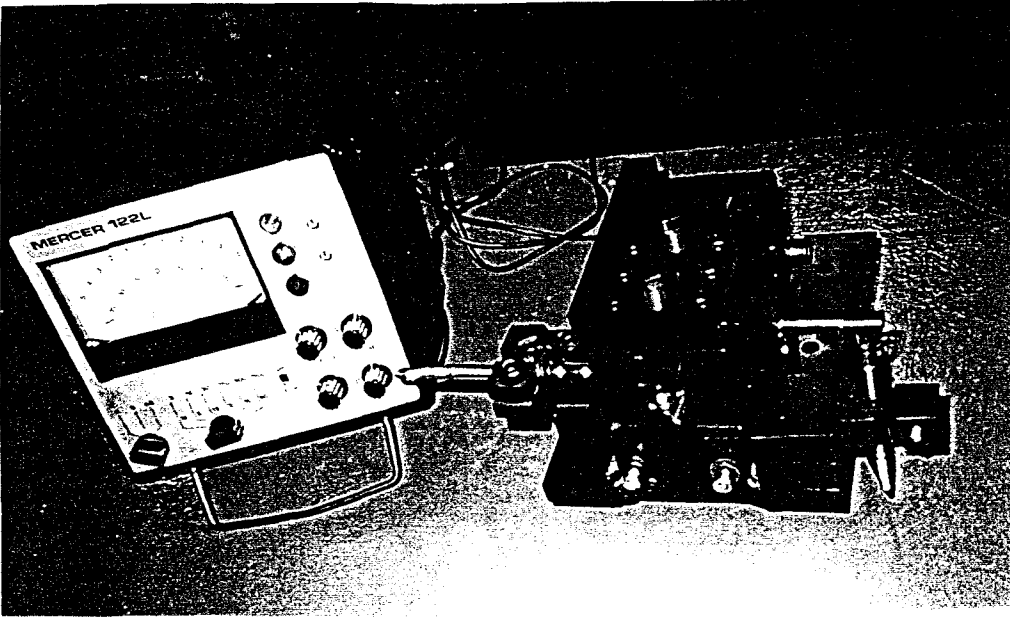


Şekil 5.10. İş parçası(1040)-takım(P40) ısı çifti kalibrasyon doğrusu

5.1.3 Dinamometre ve kalibrasyonu

Bu çalışmada ortagonal talaş kaldırma esas alındığından, kesme ve ilerleme kuvvetlerinin deneysel ölçülebilmesi için bir dinamometre kullanılmıştır. Bu dinamometre, talaş kaldırma işlemlerinde kullanılmak üzere üç eksenli kuvvet ölçebilecek şekilde tasarlanmış ve imal edilmiştir. Kuvvetlere bağlı kalarak oluşan deformasyonları ölçmek için MERCER marka 122-L tip elektromekanik bir komparatör kullanılmıştır.

Kullanılan dinamometre ve komparatör Şekil 5.11’de görülmektedir.



Şekil 5.11 Kullanılan dinamometre ve komparatör

Kalibrasyon Şekil 5.12’de gösterildiği gibi, dinamometreye ağırlık yüklenerek ve bu ağırlıklara karşılık oluşan deformasyon miktarına göre yapılmıştır. Elde edilen kalibrasyon denklemleri aşağıda verilmektedir.

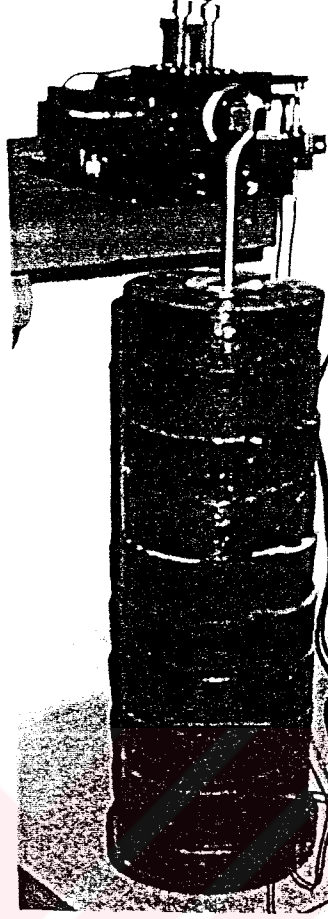
$$\text{Kesme kuvveti için;} \quad F = \left(\frac{z - 0,145455}{0,456091} \right) 9,8 \text{ (N)} \quad (5.1)$$

$$\text{İlerleme kuvveti için;} \quad F_t = \left(\frac{z - 0,093182}{0,379227} \right) 9,8 \text{ (N)} \quad (5.2)$$

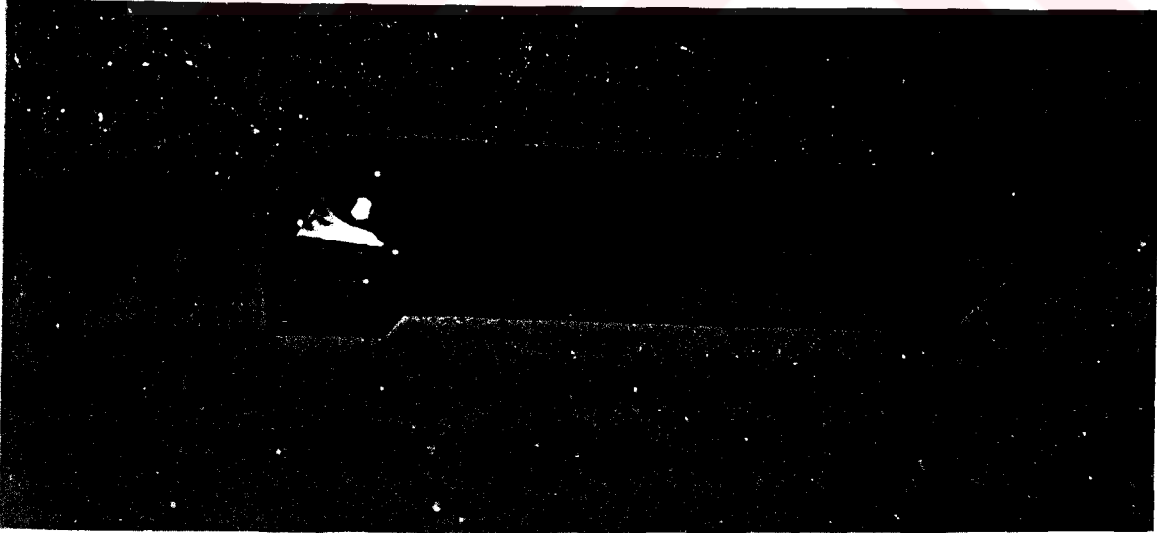
z = elastik deformasyon miktarı

5.1.4 Kullanılan takımlar, talaş kırıcılar ve iş parçaları

Çalışmada kullanılan kesici takım plaketleri, ISO standartlarına göre P10 kalite TPUN160308 ve P40 kalite TPUN160308’dir. Plaket malzemelerinin özellikleri Çizelge 5.2’de verilmektedir. Kullanılan takım tutucu ISO standartlarında CTGPR2525’dir. Kullanılan takım geometrisi $\chi=90^\circ$, $\lambda=0^\circ$, $\alpha=5^\circ$, $\gamma=6^\circ$, $\epsilon_{u\text{çr}}=60^\circ$, $\chi_y=30^\circ$ değerlerine sahiptir. Takım uç yarıçapı 0.8mm alınmıştır. Bu değer imalat çeliklerinde çok yaygın kullanılmaktadır. Kullanılan takım ve takım tutucunun fotoğrafı Şekil 5.13’de verilmektedir.



Şekil 5.12 Dinamometrenin kalibrasyonu



Şekil 5.13 Deneysel çalışmalarda kullanılan kesici plaket ve
takım tutucu

Çizelge 5.2. Kullanılan takımların genel özellikleri

Böhlerit Kalitesi	ISO Kodu	Yoğunluk gr/cm ³	Isıl İletkenlik Katsayısı k (W/m°C)	Specifik Isı Katsayısı c (J/kg°C)	Isıl Uzama katsayısı 10 ⁻⁶ /°C
SB10	P05-P15	10.30	25	200	6
SB40	P35-P40	13.15	75	200	6

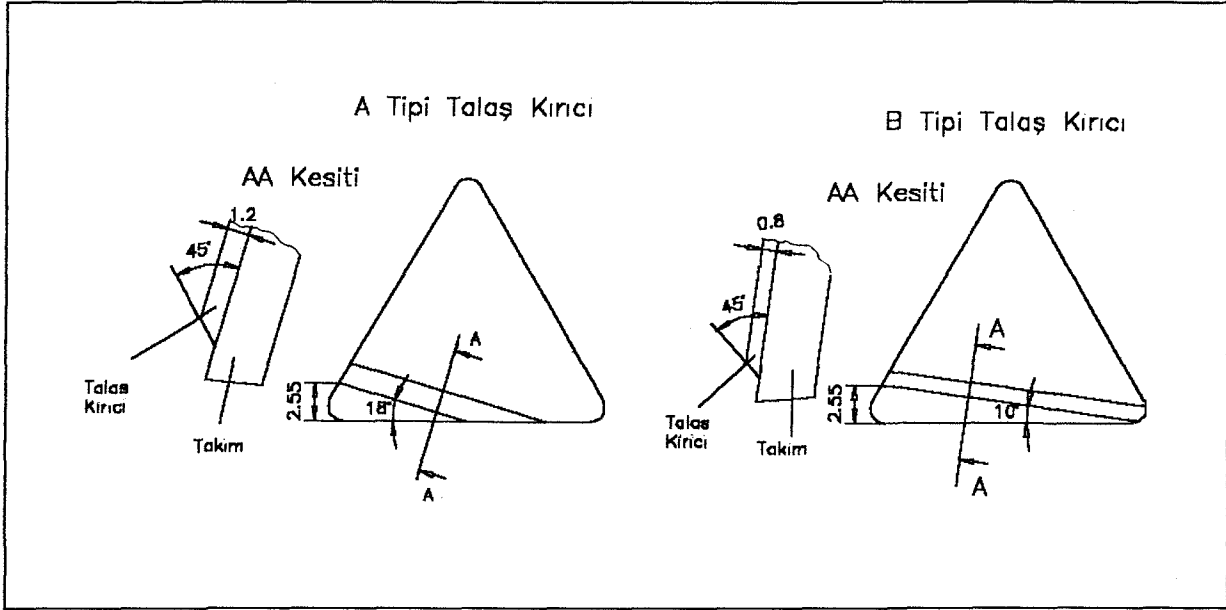
Bu çalışmada iki farklı iş parçası malzemesi seçilmiştir. Bunlar St37, ve 1040 çelik malzemelerdir. İş parçası malzemelerinin analizi ve fiziksel özellikleri Çizelge 5.3’de verilmektedir. St37 malzeme 70mm çapında, 1040 malzeme ise 75mm çapında olup 600 mm boyda kesilerek hazırlanmışlardır.

Çizelge 5.3. Kullanılan iş parçası malzemelerinin genel özellikleri

Malz.	%Fe	%C	%Si	%Mn	%P	%S	Sertlik HV	Yoğunluk kg/m ³	Spesifik ısı katsayısı c (J/Kg°C)
St37	98.67	0.240	0.170	0.375	0.007	0.017	175	7833	502
1040	97.98	0.520	0.244	0.655	0.007	0.022	195	7833	502

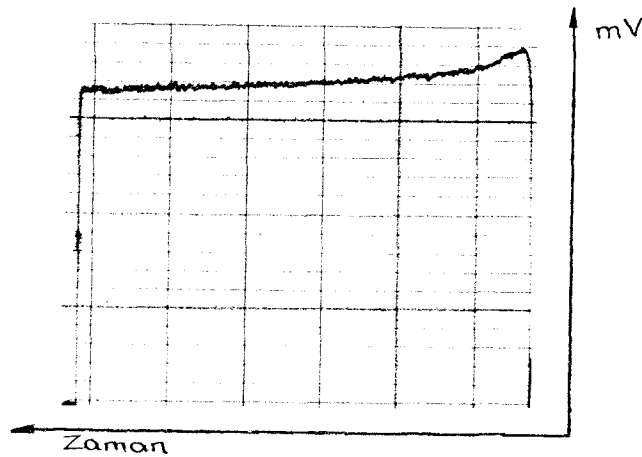
5.2 Yapılan Deneysel Çalışmalar ve Sonuçları

Talaşlı şekillendirme esnasında talaşın kırılması ve oluşan sıcaklığın talaş kırılması üzerine etkilerini saptamak amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada talaş kaldırma yöntemi olarak dış silindirik tornalama seçilmiş, talaş ortagonal şartlarda kaldırılmıştır. Tüm deneylerde kesme sıvısı kullanılmamış, işlem kuru olarak gerçekleştirilmiştir. Kesme hızı, kullanılan P10 ve P40 kalite sert metale uygun şekilde 105 m/dak alınmıştır. Talaş kırıcı olarak dıştan takmalı tip seçilmiş HSS’den iki farklı geometride hazırlanmıştır. A tipi ve B tipi talaş kırıcı. Şekil 5.14’de talaş kırıcılar gösterilmiştir. Bu çalışmada deney şartları ve grupları Çizelge 5.4’de görüldüğü gibi seçilmiştir. Çizelge 5.4’de görüldüğü gibi toplam 140 deney gerçekleştirilmiştir. Talaş kaldırma esnasında kesme kuvvetleri dinamometreden alınmıştır. Şekil 5.4’de görülen düzenek ile ortalama talaş takım arayüzey sıcaklıkları ölçülmüştür. Çizelge 5.4’de deney şartları belirtilen talaş kaldırma işlemine ait takım talaş arayüzey sıcaklıkları kaydediciden alınmıştır.



Şekil 5.14 Deneylerde kullanılan HSS'den hazırlanmış olan talaş kırıcılar

Bu kayıtlardan biri Şekil 5.15'de verilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi sıcaklık zamanla değişmekte ve kısa sürede rejim sıcaklığına ulaşmaktadır. Bütün ölçülen sıcaklıklarda kaydediciden alınan kayıtlarda rejim sıcaklığı esas alınmış, sıcaklığın gerçek değerinin bulunması için kalibrasyon eğrilerinden faydalanılmıştır. Ölçülen bütün takım talaş arayüzey sıcaklık değerleri Ek 1'de görülmektedir. Deneylerde saptanan arayüzey sıcaklıkları farklı kesme derinliği ve ilerleme değerleri için talaş alanlarına bölünerek ilerleme ve kesme derinliği ile birlikte Şekil 5.16a,b,c,d'de verilmiştir.



Şekil 5.15 Kaydediciden alınan sıcaklık-zaman grafiği

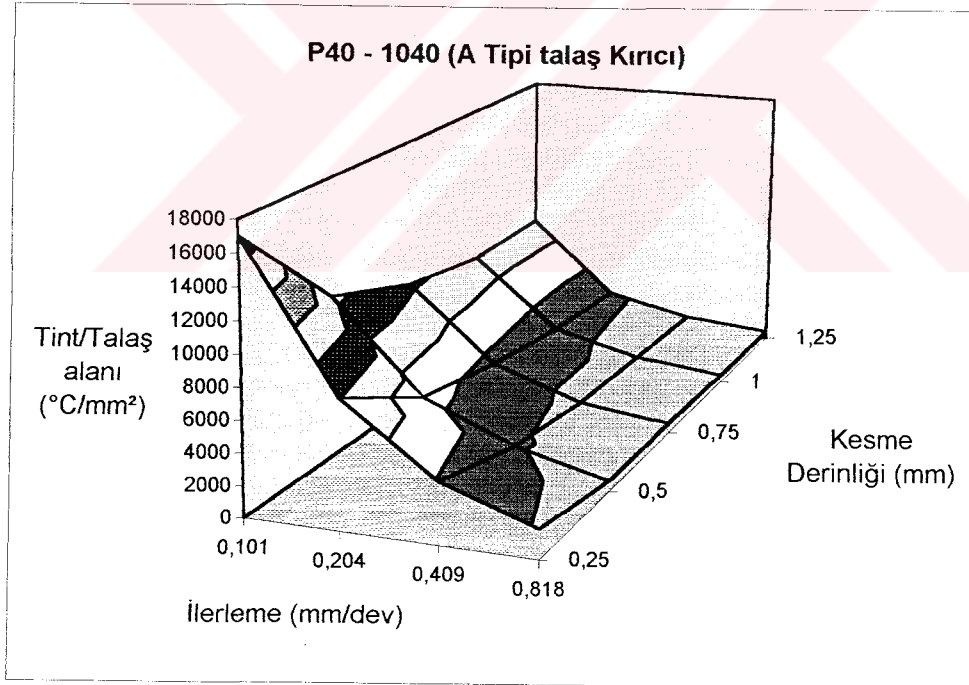
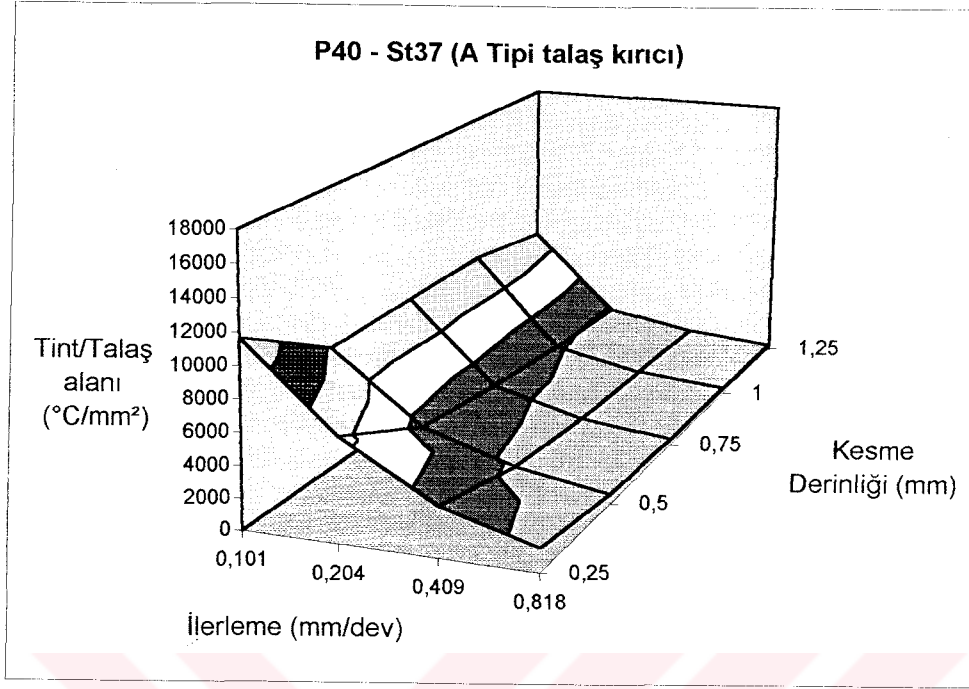
(Kesici takım: TPUN160308-P40 , İş parçası malzemesi : 1040, Kesme derinliği : 1.25mm, İlerleme : 0.101 mm/dev, Talaş kırıcı : A Tipi)

Çizelge 5.4 Deney şartları

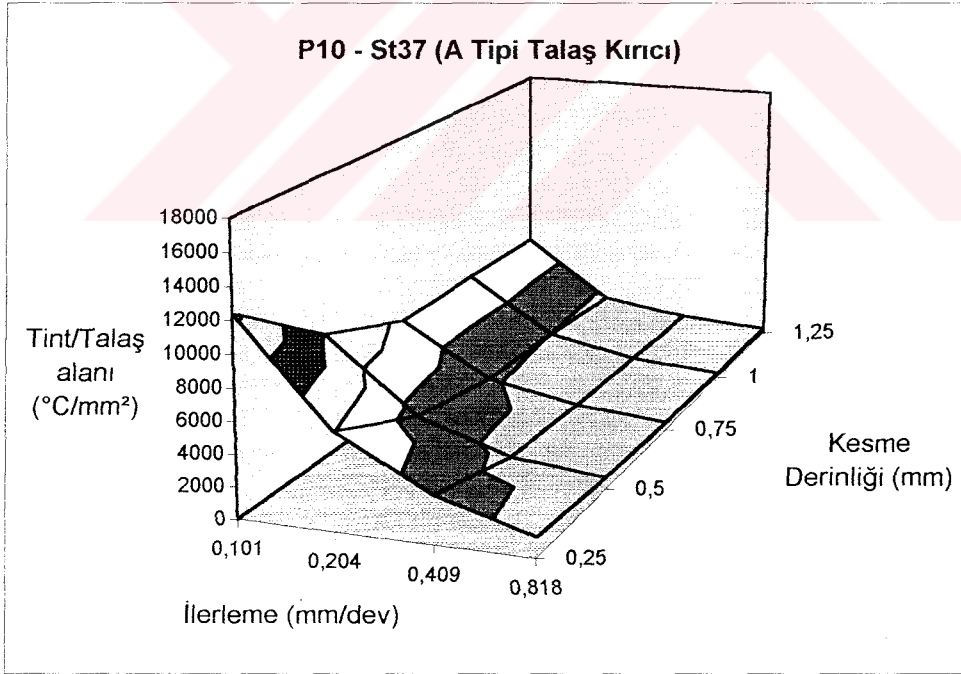
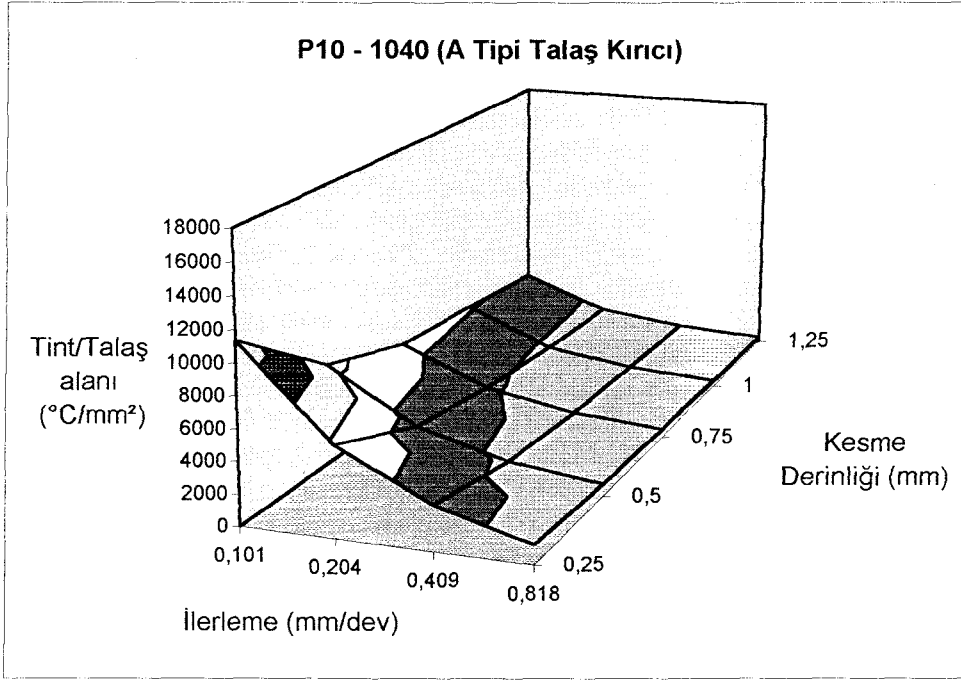
İş Parçası Malzemesi		1040															
Takım Malzemesi		P40															
Talaş Kırıcı Tipi (Şekil 5.16)		A tipi								B Tipi							
0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
*																	
**																	
İş Parçası malzemesi		1040															
Takım Malzemesi		P10															
Talaş Kırıcı Tipi (Şekil 5.16)		A tipi								B Tipi							
0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
*																	
**																	
İş Parçası malzemesi		St37															
Takım Malzemesi		P40															
Talaş Kırıcı Tipi (Şekil 5.16)		A tipi								B Tipi							
0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
*																	
**																	
İş Parçası malzemesi		St37															
Takım Malzemesi		P10															
Talaş Kırıcı Tipi (Şekil 5.16)		A tipi								B Tipi							
0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
*																	
**																	

* . Kesme Derinliği (mm)

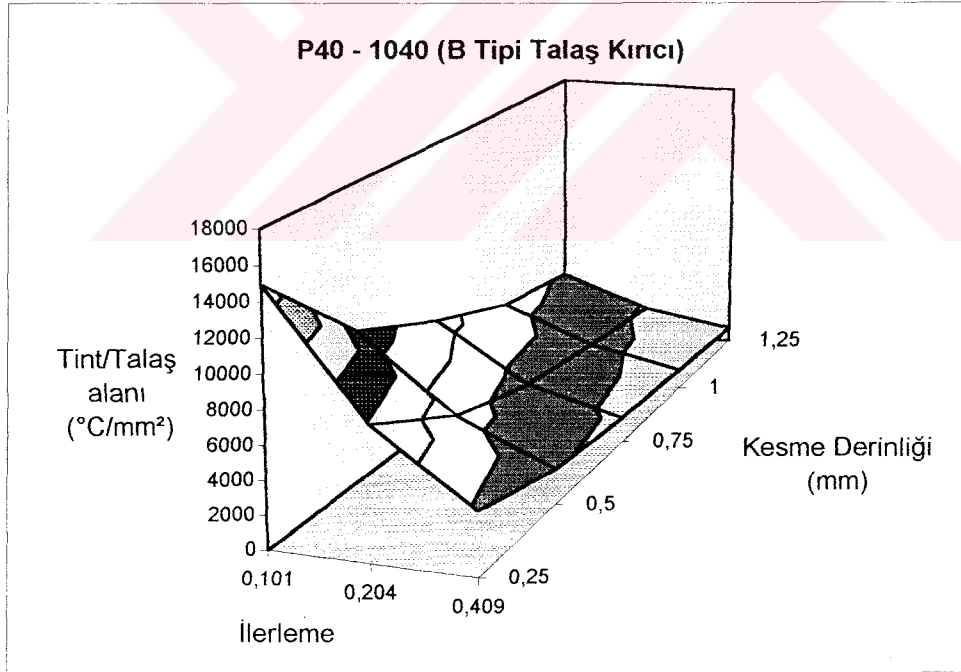
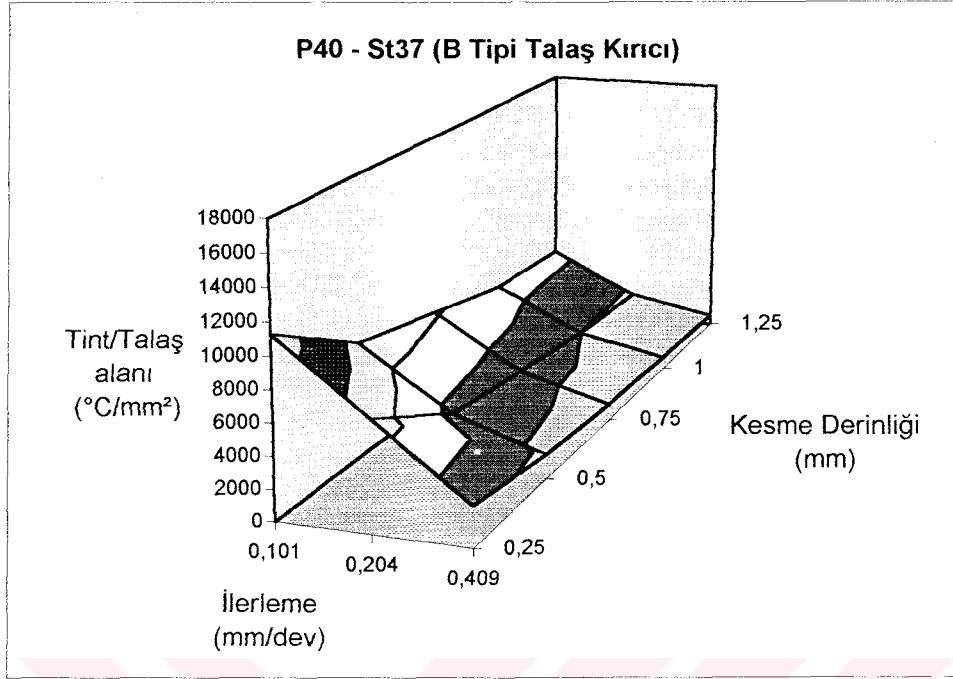
** . İlerleme (mm/dev) (1= 0.101mm/dev, 2=0.204 mm/dev, 3=0.409mm/dev, 4=0.818mm/dev)



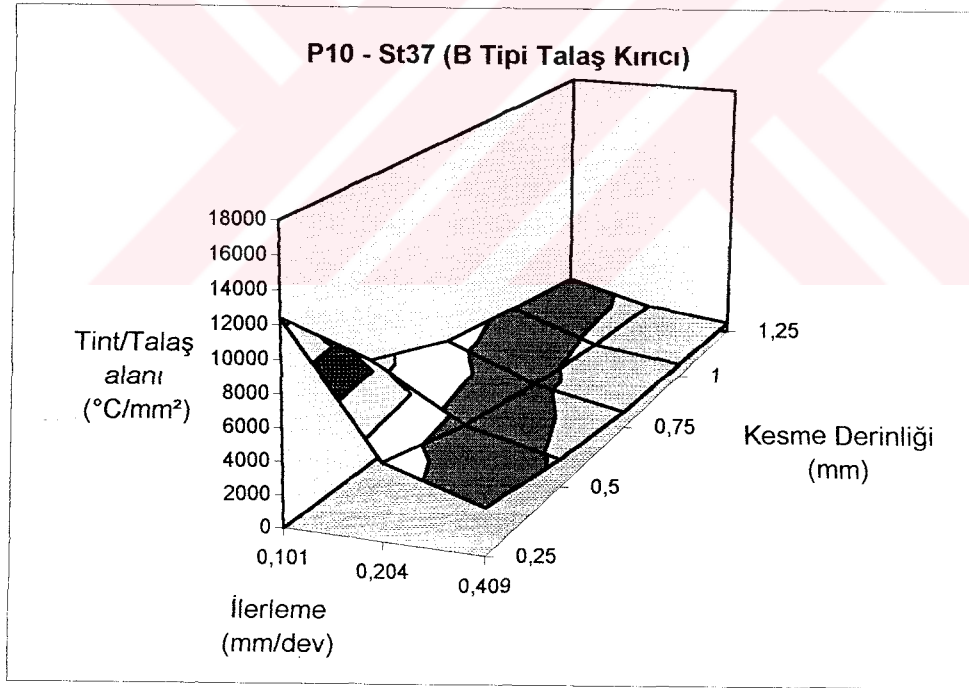
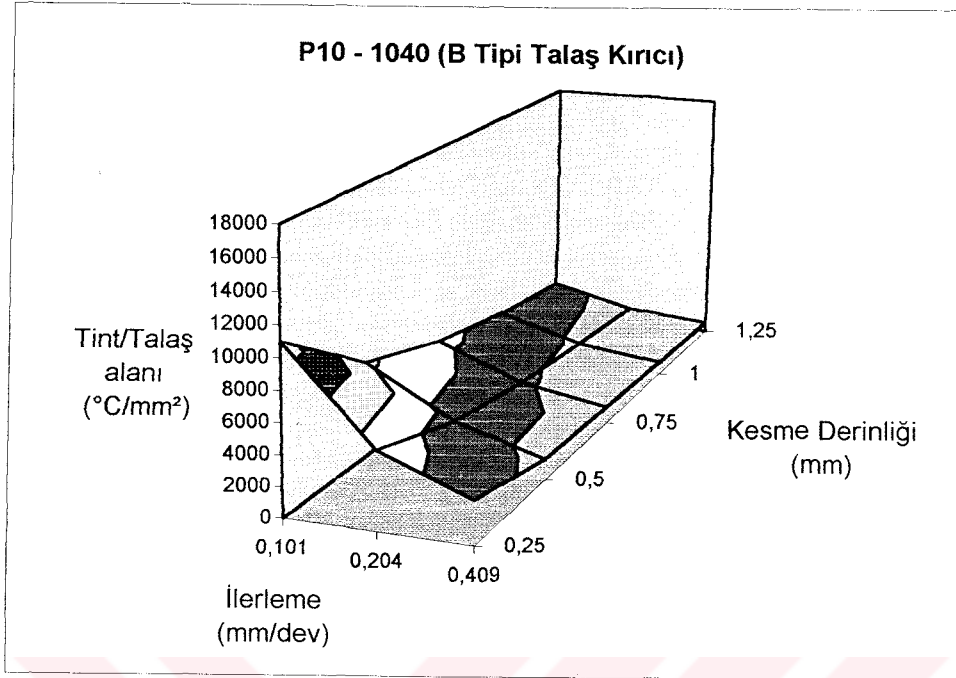
Şekil 5.16 a Tint/Talaş alanı-a-s diyagramı (P40-St37, P40-1040, A tipi talaş kırıcı)



Şekil 5.16 b Tint/Talaş alanı -a-s diyagramı (P10-1040, P10-St37, A tipi talaş kırıcı)



Şekil 5.16 c Tint/Talaş alanı-a-s diyagramı (P40-St37, P40-1040, B tipi talaş kırıcı)



Şekil 5.16 d Tint/Talaş alanı-a-s diyagramı (P10-1040, P10-St37, B tipi talaş kırıcı)

Şekil 5.16.a,b,c,d incelenirse küçük kesme derinliği ve yüksek ilerlemelerde, “Aryüzey sıcaklığı/Talaş alanı” değerinin yüksek olduğu görülmektedir.

Talaş kırılma kriterlerinin her deney şartında belirlenebilmesi için yana talaş akış açılarının bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapılan literatür taramasında daha önceki çalışmaların bizim deney şartlarımıza tam uyum sağlamadığı görülmüş bu konuda bir ön çalışma yapılması uygun bulunmuştur. Yana talaş akış açılarının öncelikle ölçülmesi daha sonra da teorik yaklaşımda kullanabilmek için $v=g(a,s)$ şeklinde bir fonksiyonun elde edilmesi amaçlanmıştır. Deneyisel olarak yana talaş akış açısını saptamak için takımın talaş yüzeyi, adhesif kuvveti fazla olan ve yüksek sıcaklıklarda kolay bozulmaya uğramayan, bir boyayla kaplanmıştır. Talaş kaldırma sonrasında talaş ile takım arasında sürtünmeyle oluşan temas doğrultusu (yana talaş akış açısı) Olympus marka VUEACE model bir mikroskoptan faydalananarak ölçülmüştür. Bu yöntem Nedess tarafından 1984’de özellikle gravürlü takımlarda takım talaş temas bölgesini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Deney şartlarına bağlı olarak elde edilen yana talaş akış açıları Ek 1’de verilmektedir.

Deneylerde elde edilen sonuçlardan, yana talaş akış açısını veren fonksiyonun elde edilmesi için çoklu regresyon yöntemi kullanılmış ve 5.3 denklemi elde edilmiştir. Bu bağıntının katsayıları olan C, d, e değerleri deney şartlarına göre bulunmuş, Çizelge 5.5’de verilmiştir. Yana talaş akış açısının takım ucu yarıçapı ile büyük bir değişim gösterdiği bilinmektedir, fakat bu çalışmada takım uç yarıçapı sabit ve 0.8mm olarak alındığından elde edilen denklemlerde takım uç yarıçapı bir değişken olarak alınmamıştır.

$$v = C \cdot \frac{s^d}{a^e} \quad (5.3)$$

Çizelge 5.5 Yana talaş akış açısı denkleminin katsayıları

İş Parçası Malzemesi	Kesici Takım Tipi	Talaş Kırıcı Tipi	C	d	e
St37	P40	A Tipi	55.7632	0.2337	0.4755
St37	P10	A Tipi	57.7283	0.2610	0.4111
1040	P40	A Tipi	56.2941	0.2541	0.4204
1040	P10	A Tipi	55.9172	0.2357	0.3864
St37	P40	B Tipi	57.5584	0.2660	0.4194
St37	P10	B Tipi	54.5058	0.2602	0.4567
1040	P40	B Tipi	55.1330	0.2433	0.4235
1040	P10	B Tipi	55.7637	0.2697	0.4109

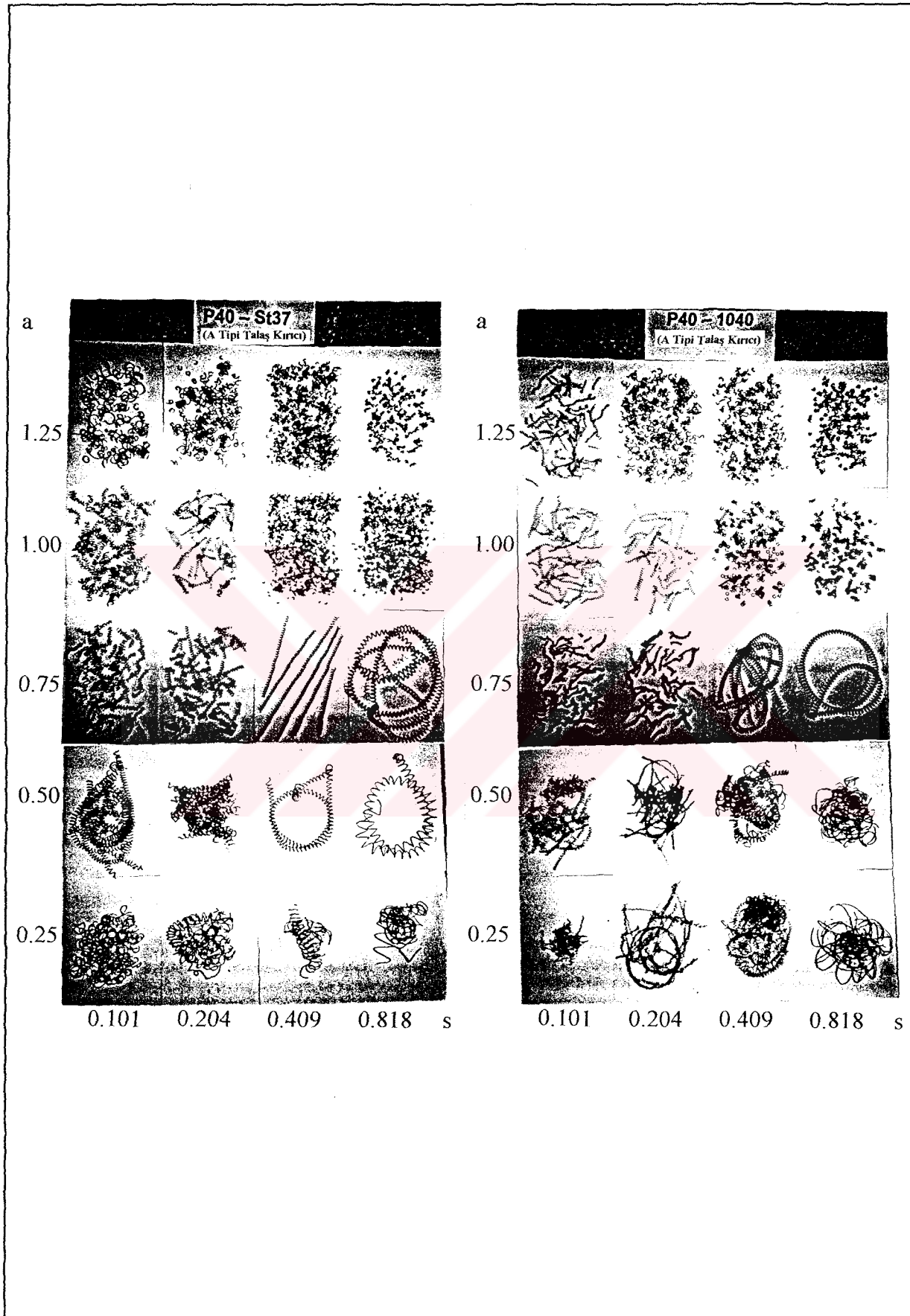
Oluşan talaşların kalınlıkları en az 3 farklı yerden mikrometre kullanılarak ölçülmüş ve değerlerin ortalaması alınmıştır. Bu değerler de Ek 1’de verilmektedir.

Deneylerden alınan değerlerden faydalanarak, sıcaklık ölçümlerinden kayma gerinimi (ϵ_s)’i bulabilmek için önerilen denklemlerdeki katsayılar olan η ve ψ değerleri deneysel verilerden elde edilen kayma gerinimi ile denklem (4.4)’den elde edilen kayma gerinimi eşitlenerek, η ve ψ bulunmuşlardır. Çizelge 5.6.

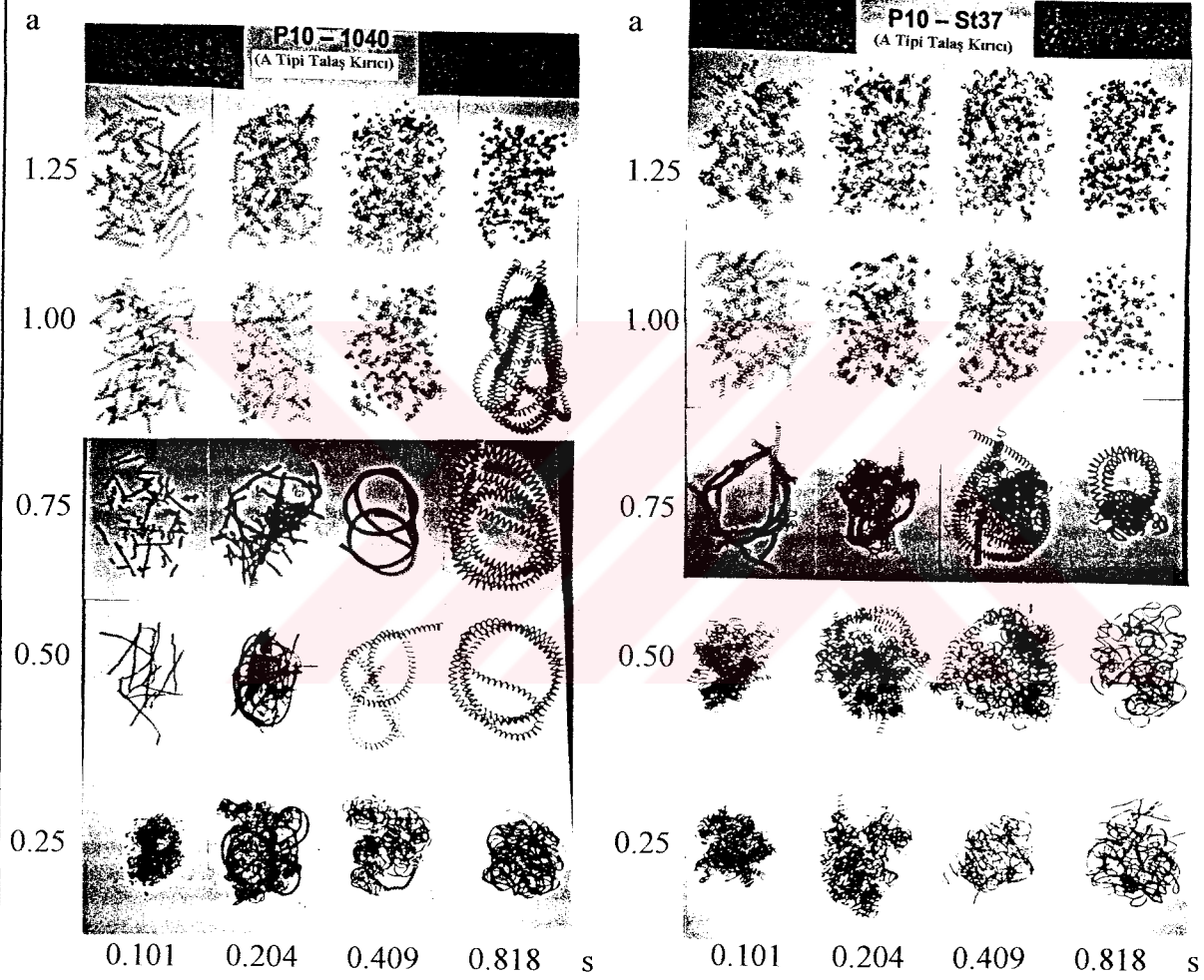
Çizelge 5.6 η - ψ değerleri

Talaş Kırıcı Tipi	İş Parçası Malzemesi	Takım Malzemesi	η	ψ
A Tipi	St 37	P40	0.822	0.002
A Tipi	1040	P40	0.949	0.002
A Tipi	1040	P10	0.706	0.002
B Tipi	St37	P10	0.793	0.002
B Tipi	St37	P40	0.807	0.002
B Tipi	1040	P40	0.880	0.002
B Tipi	1040	P10	0.662	0.002
B Tipi	St37	P10	0.784	0.002

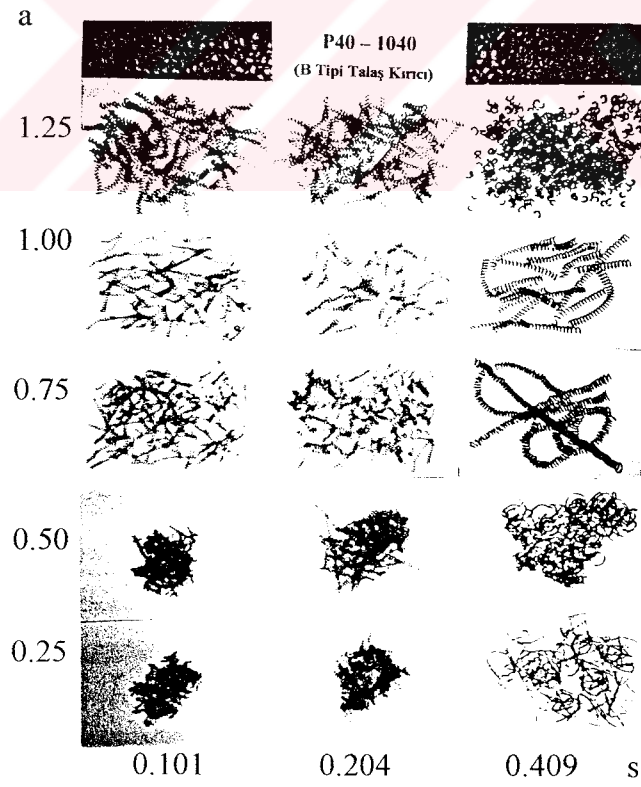
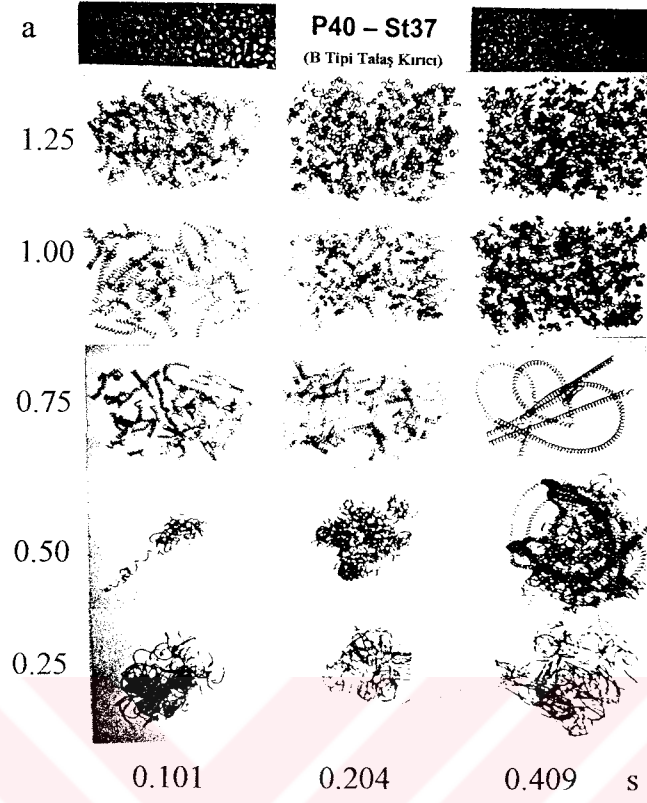
Deneylerden, kesme derinliği ve ilerlemeye bağlı kalarak oluşan talaşlar incelendiğinde; a-s diyagramının belirli bölgelerinde kabul edilebilir, diğer bölgelerde ise kabul edilemez talaşların elde edilmiş olduğu görülmüştür. a-s diyagramlarına göre deneylerden elde edilen talaş fotoğrafları Şekil 5.17.a,b,c,d’de verilmektedir.



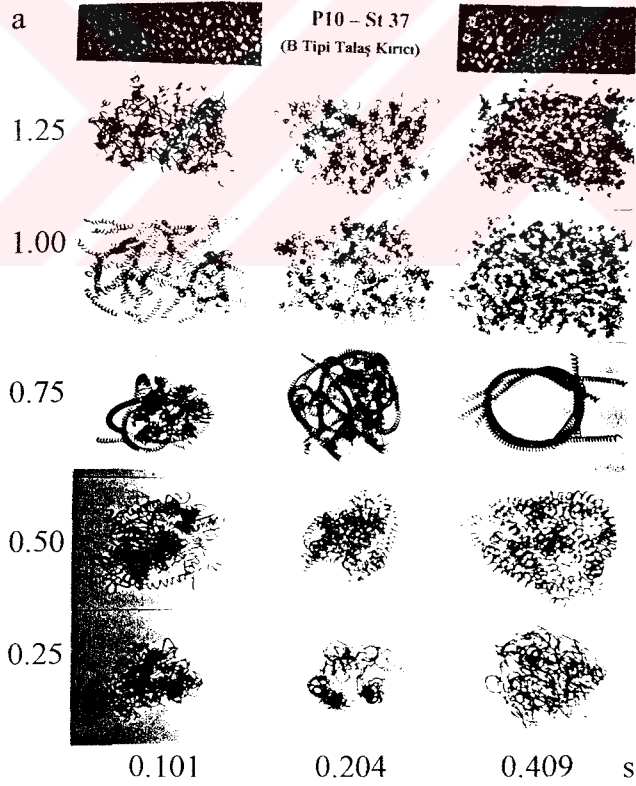
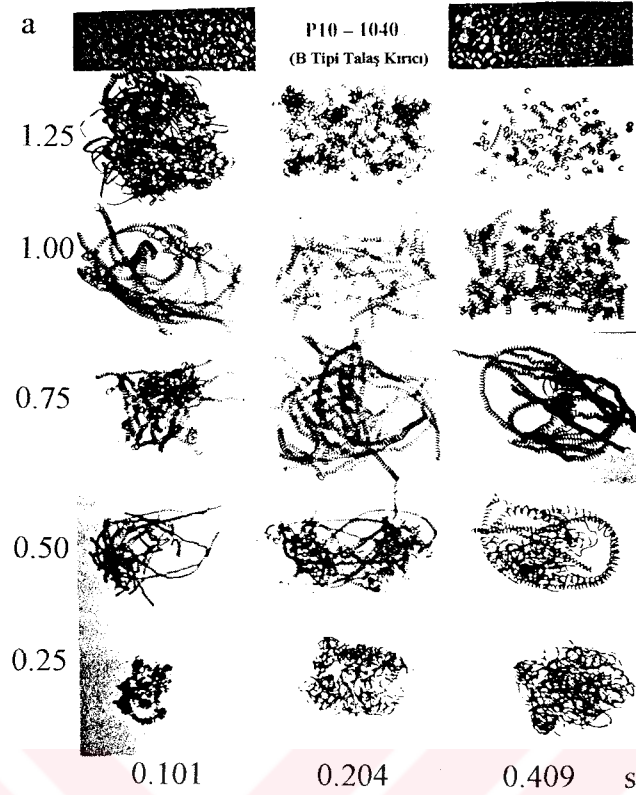
Şekil 5.17 a a-s diyagramları (P40-St37, P40-1040, A tipi talaş kırıcı)



Şekil 5.17 b a-s diyagramları (P10-1040, P10-St37, A tipi talaş kırıcı)



Şekil 5.17 c a-s diyagramları (P40-St37, P40-1040, B tipi talaş kırıcı)



Şekil 5.17 d a-s diyagramları (P10-1040, P10-St37, B tipi talaş kırıcı)

6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada genel olarak şu sonuçlar elde edilmiştir;

1. Talaşlı şekil vermede ısı denklemlerinden faydalanarak, kayma bölgesindeki gerinimi veren bağıntı teorik olarak çıkartılmıştır. Uygulanan deney şartları için η ve ψ değerleri Çizelge 5.7’de verildiği gibi bulunmuştur.

Talaş kaldırmada oluşan ısı değerlerin bilinmesi durumunda bu denklemler ile kayma bölgesindeki gerinim hesaplanabilir. Kayma bölgesindeki gerinim biliniyorsa, kayma bölgesi ve takım talaş arayüzey sıcaklıkları da bulunabilir.

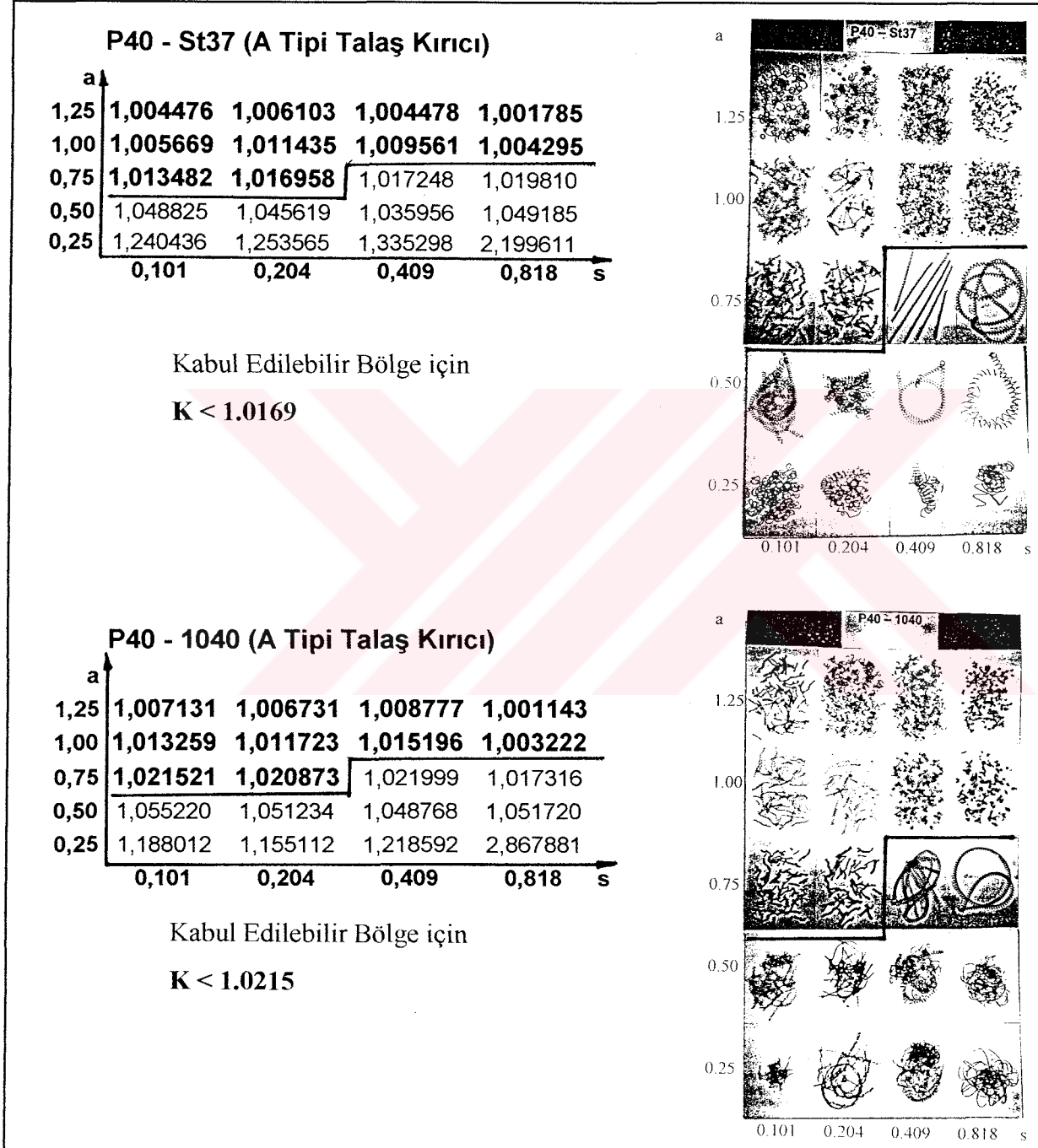
$$\varepsilon_s = \frac{(T_{ab} - T_w) \cdot \rho \cdot c \cdot a \cdot b}{\eta \cdot (1 - \Gamma) \cdot F_s \cdot \sin(\varnothing)}$$

$$\varepsilon_s = \frac{\left(T_{int} + \frac{(\eta - 1)(1 - \Gamma) F_s \cos(\alpha)}{\rho c a b \cos(\varnothing - \alpha)} - \frac{\psi \sqrt{e} \left(-3/25 + \frac{39}{100} \delta \sqrt{\frac{\rho c v a b}{k l}} \right)}{e \left(-3/25 + \frac{39}{100} \delta \sqrt{\frac{\rho c v a b}{k l}} \right)} \frac{\rho c a b k l v \sin(\varnothing) F_f - T_w}{\rho c a b k l \cos(\varnothing - 1, \alpha)} \right) \rho c a b}{\eta (1 - \Gamma) F_s \sin(\varnothing)}$$

2. Nakayama’nın 1962’deki talaş kırılması teorisi günümüze kadar güncelliğini yitirmemiştir. Bu teoride kırılmaya temel oluşturan, talaş malzemesinin kırılma gerinimidir. Fakat, Nakayama bu çalışmada kayma bölgesinin, talaş malzemesine etkilerini, teorik olarak göz önüne almamıştır. Talaş kırılması konusunda çalışan diğer araştırmacılar da konuya böyle bir yaklaşım getirmemişlerdir.

Bu çalışmada ise Nakayama’nın talaş kırılma teorisindeki talaş kırıcısındaki elastik plastik bükülmeyi temel alan görüş benimsenmiş bir geliştirme olarak kayma bölgesindeki plastik deformasyonun etkisi göz önüne alınmış, talaşlı şekillendirmedeki ısı denklemlerden faydalanarak kayma geriniminin talaş kırılmaya etkisi düşünülerek kırılma kriteri teorik incelenmiştir. Kırılma kriterinin kayma düzlem sıcaklığı ve takım talaş arayüzey sıcaklıkları ile olan ilişkileri elde edilmiştir.

Teorik bulunan talaş kırılma kriterinin belli bir değerin altında olması talaşın kırılacağıının (kabul edilebilirliğinin) göstergesi olmuştur. Şekil 6.1.a,b,c,d'de a-s diyagramında K kriterleri, kabul edilebilen çalışma bölgesi ve deneysel bulunan a-s diyagramları (talaş şekilleri ile birlikte) verilmektedir.



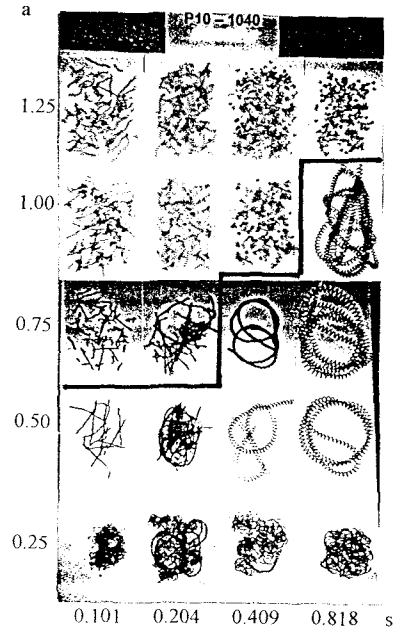
Şekil 6.1 a a-s diyagramları-K kriterleri (A tipi talaş kırıcı için)

P10 - 1040 (A Tipi Talaş Kırıcı)

a				
1,25	1,004317	1,005756	1,005270	1,002098
1,00	1,009890	1,011356	1,009618	1,006664
0,75	1,015778	1,016536	1,019734	1,017923
0,50	1,037957	1,039463	1,037709	1,041792
0,25	1,150887	1,158060	1,152721	1,598557
	0,101	0,204	0,409	0,818 s

Kabul Edilebilir Bölge için

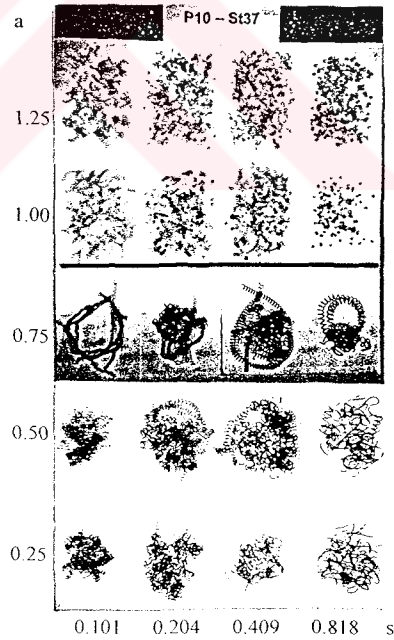
$$K < 1.0165$$

**P10 - St37 (A Tipi Talaş Kırıcı)**

a				
1,25	1,004009	1,006560	1,006354	1,002264
1,00	1,006953	1,011210	1,012875	1,007335
0,75	1,026235	1,024660	1,026083	1,019053
0,50	1,050688	1,059472	1,047998	1,051167
0,25	1,164320	1,167298	1,255674	2,867807
	0,101	0,204	0,409	0,818 s

Kabul Edilebilir Bölge için

$$K < 1.0128$$



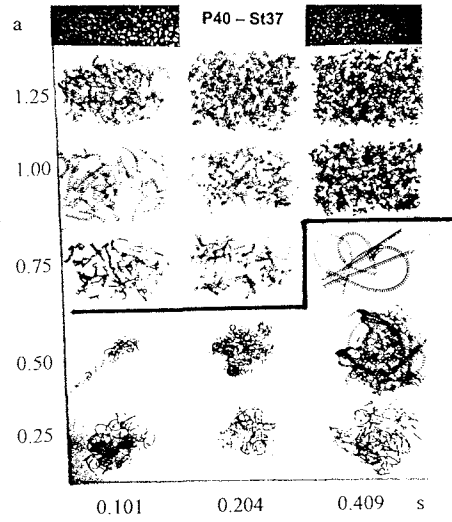
Şekil 6.1 b a-s diyagramları-K kriterleri (A tipi talaş kırıcı için)

P40 - St37 (B Tipi Talaş Kırıcı)

a	0,101	0,204	0,409
1,25	1,019051	1,008075	1,001990
1,00	1,023534	1,016713	1,007531
0,75	1,045205	1,025048	1,021423
0,50	1,085091	1,055508	1,064290
0,25	1,269430	1,441522	2,152411
s			

Kabul Edilebilir Bölge için

$$K < 1.0452$$

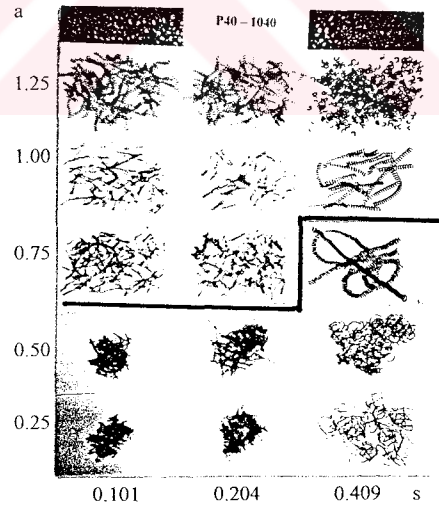


P40 -1040 (B Tipi Talaş Kırıcı)

a	0,101	0,204	0,409
1,25	1,017194	1,021765	1,012484
1,00	1,031683	1,029361	1,019716
0,75	1,064261	1,065626	1,067114
0,50	1,214010	1,144642	1,136605
0,25	1,470298	1,771285	3,055966
s			

Kabul Edilebilir Bölge için

$$K < 1.0656$$



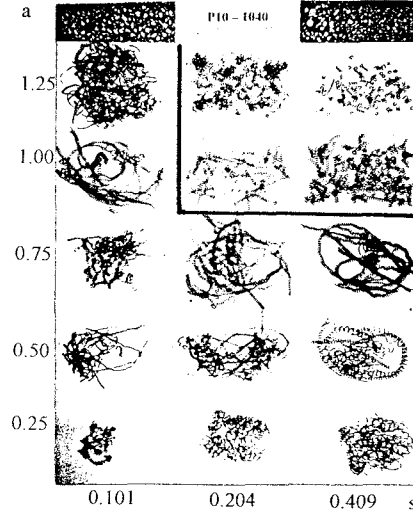
Şekil 6.1 c a-s diyagramları-K kriterleri (B tipi talaş kırıcı için)

P10 -1040 (B Tipi Talaş Kırıcı)

a	0,101	0,204	0,409
1,25	1,020698	1,020489	1,012358
1,00	1,044053	1,031296	1,025653
0,75	1,081880	1,056757	1,049688
0,50	1,137549	1,099162	1,100717
0,25	1,274669	1,282449	1,755634

Kabul Edilebilir Bölge için

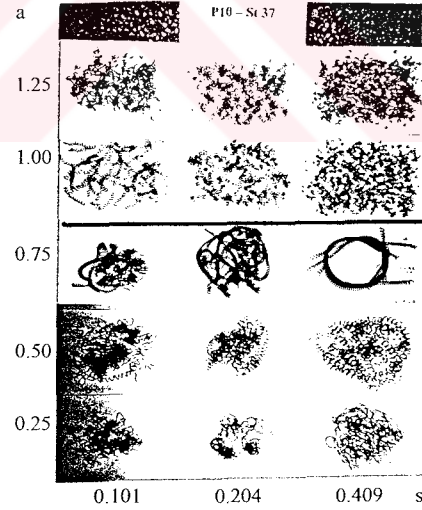
$$K < 1.0312$$

**P10 -St37 (B Tipi Talaş Kırıcı)**

a	0,101	0,204	0,409
1,25	1,014855	1,015956	1,011455
1,00	1,029929	1,031209	1,021029
0,75	1,064260	1,053380	1,054865
0,50	1,110896	1,091036	1,107947
0,25	1,243430	1,342450	2,743591

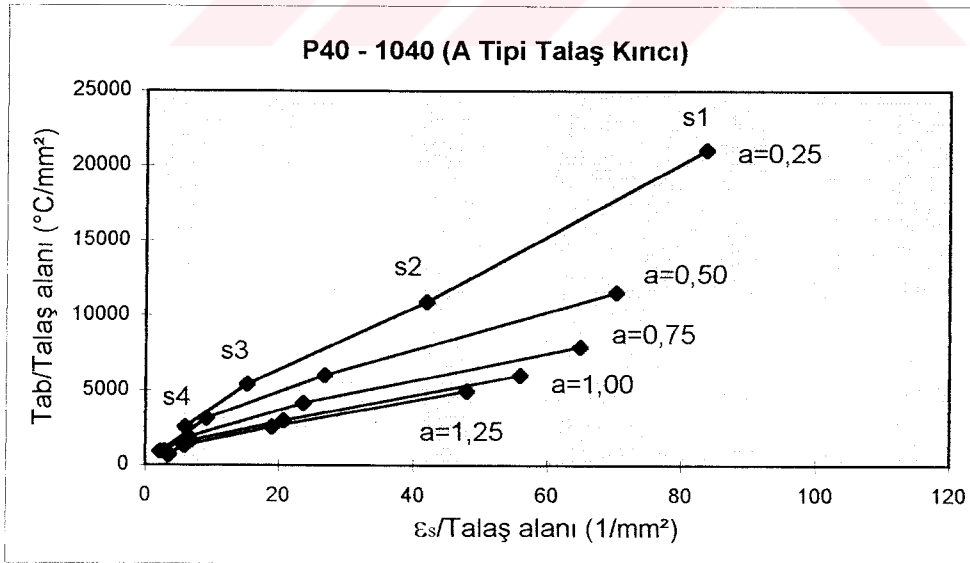
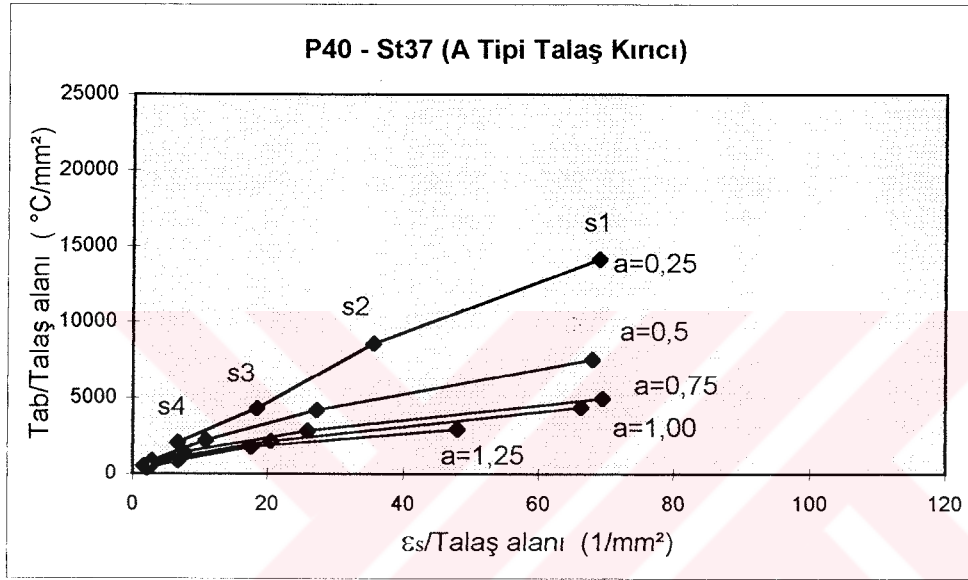
Kabul Edilebilir Bölge için

$$K < 1.0312$$

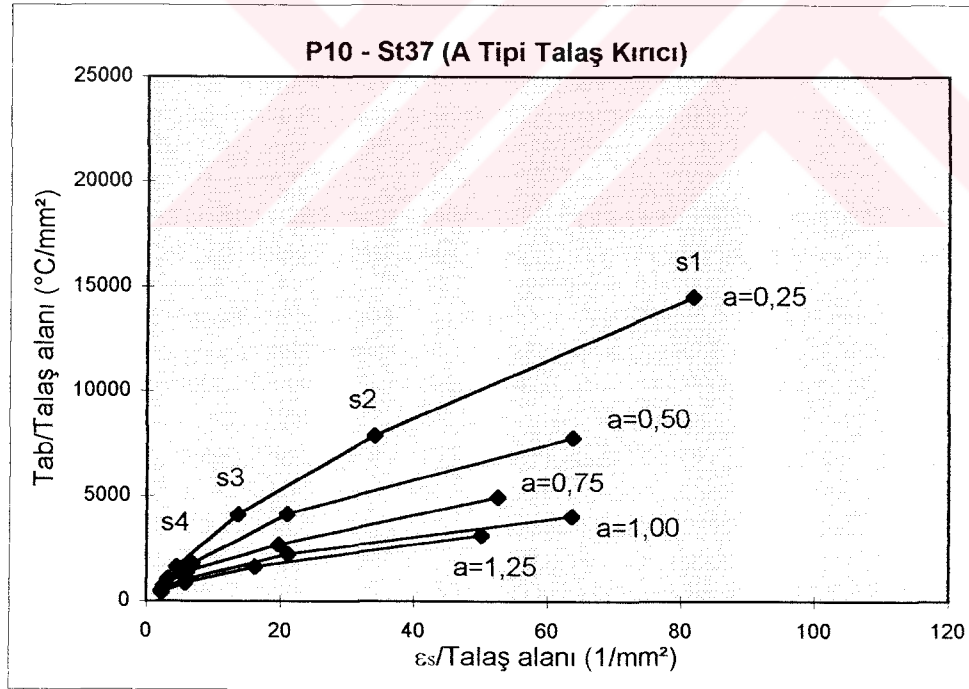
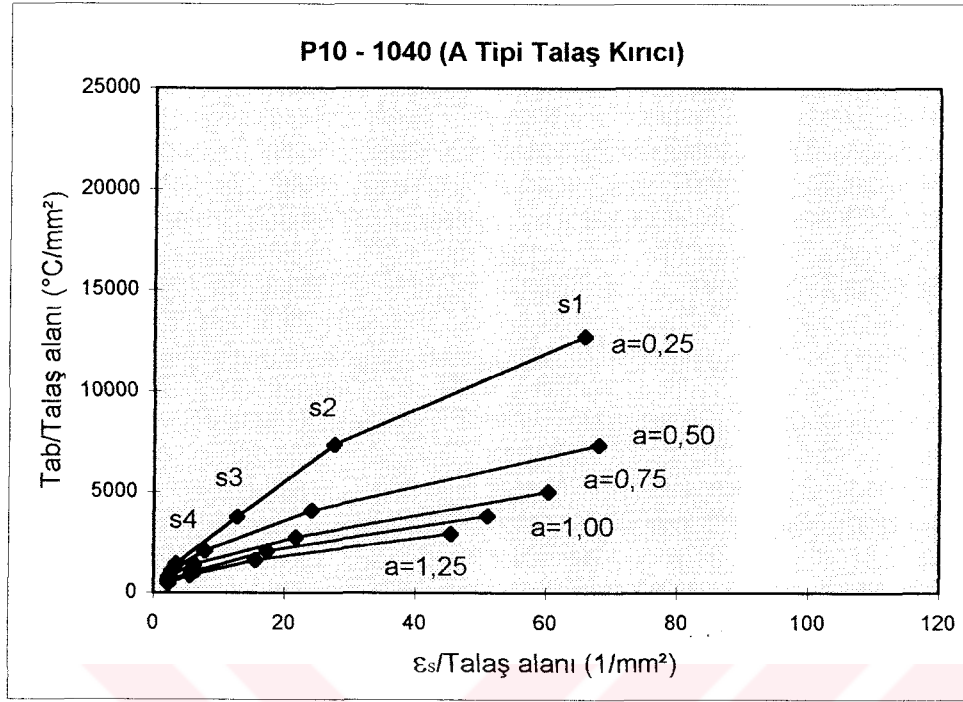


Şekil 6.1 d a-s diyagramları-K kriterleri (B tipi talaş kırıcı için)

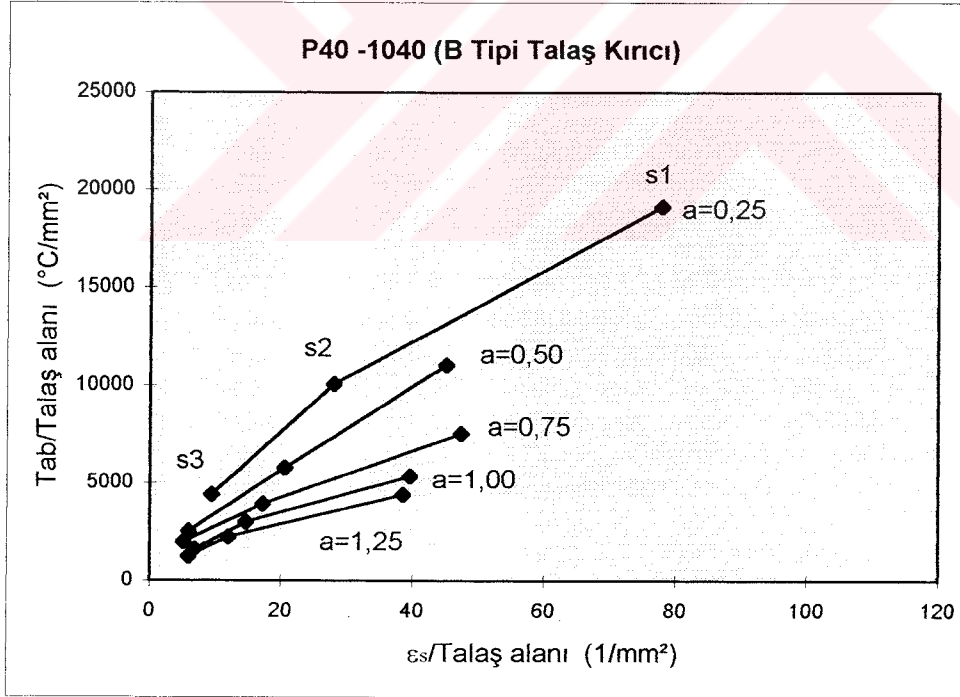
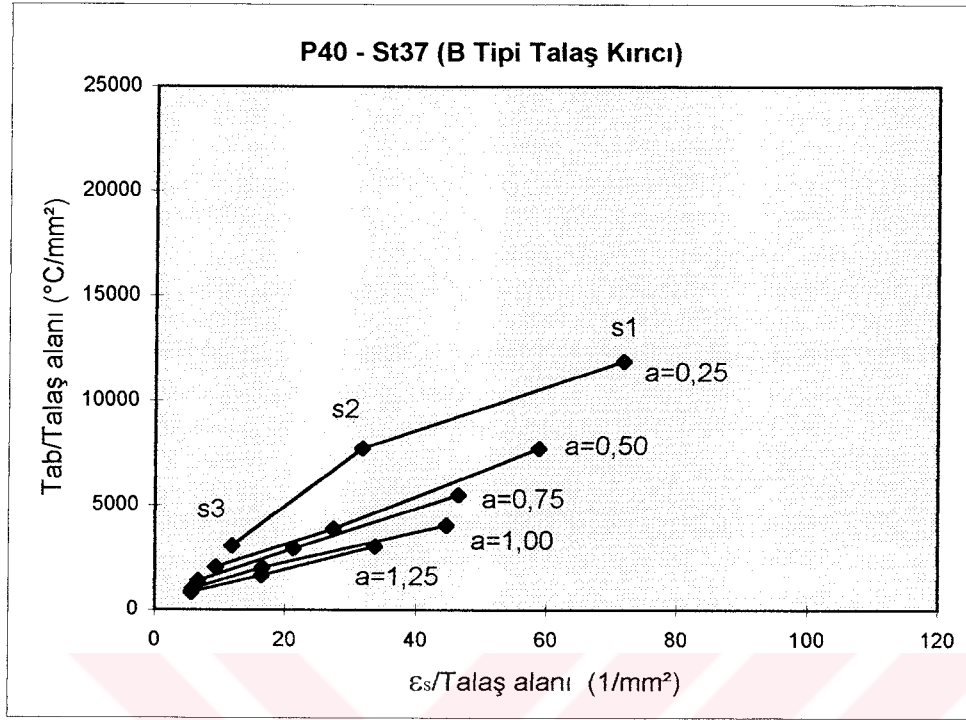
Şekil 6.2.a,b,c,d’de “Kayma bölgesi sıcaklığı (T_{ab})/Talaş alanı” ile “Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişkiyi gösteren eğriler farklı talaş kaldırma şartları için verilmektedir. Birim talaş alanı için kayma bölgesi sıcaklığı (T_{ab}) arttıkça, kayma gerinimi (ϵ_s) artmaktadır. Belirli bir ilerleme için kesme derinliği arttıkça birim talaş alanı için (T_{ab}) ve (ϵ_s) azalmaktadır. Belirli bir kesme derinliği için ilerleme arttıkça birim talaş alanı için (T_{ab}) ve (ϵ_s) azalmaktadır.



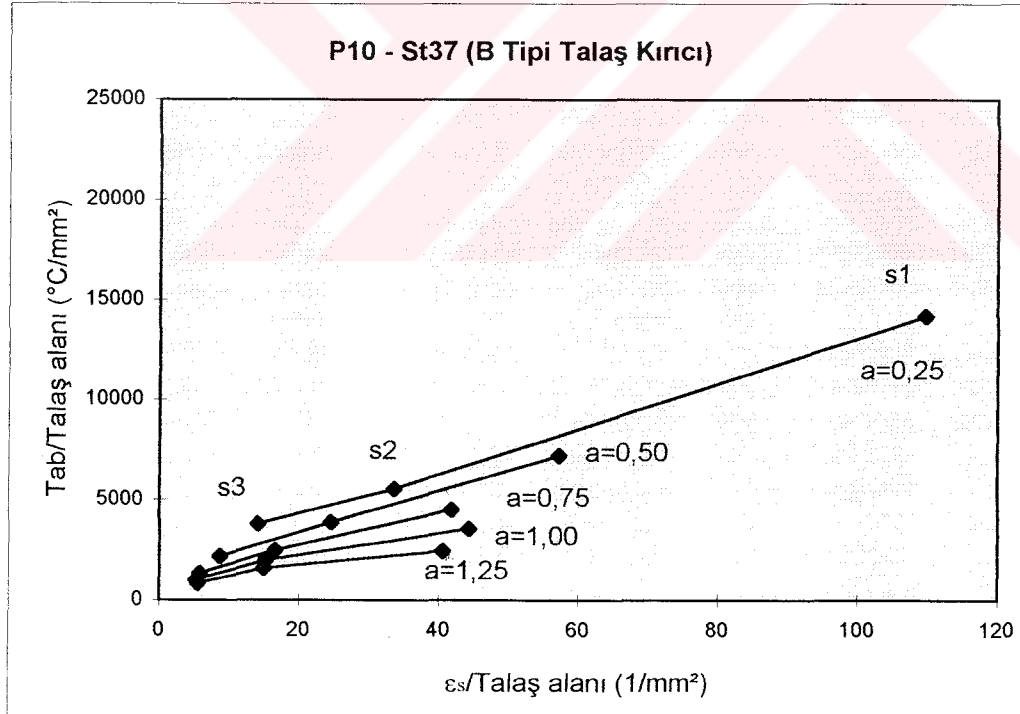
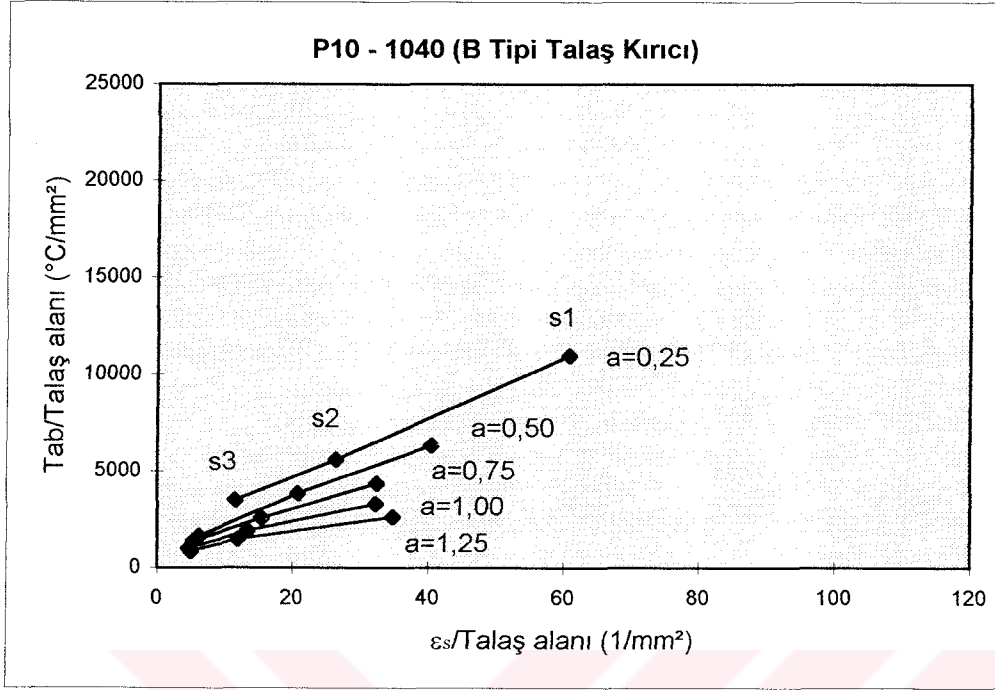
Şekil 6.2 a “Kayma bölgesi sıcaklığı(T_{ab})/Talaş alanı” ile “Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P40-St37, P40-1040 A tipi talaş kırıcı)



Şekil 6.2 b “Kayma bölgesi sıcaklığı(T_{ab})/Talaş alanı” ile “Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P10-1040, P10-St37 A tipi talaş kırıcı)

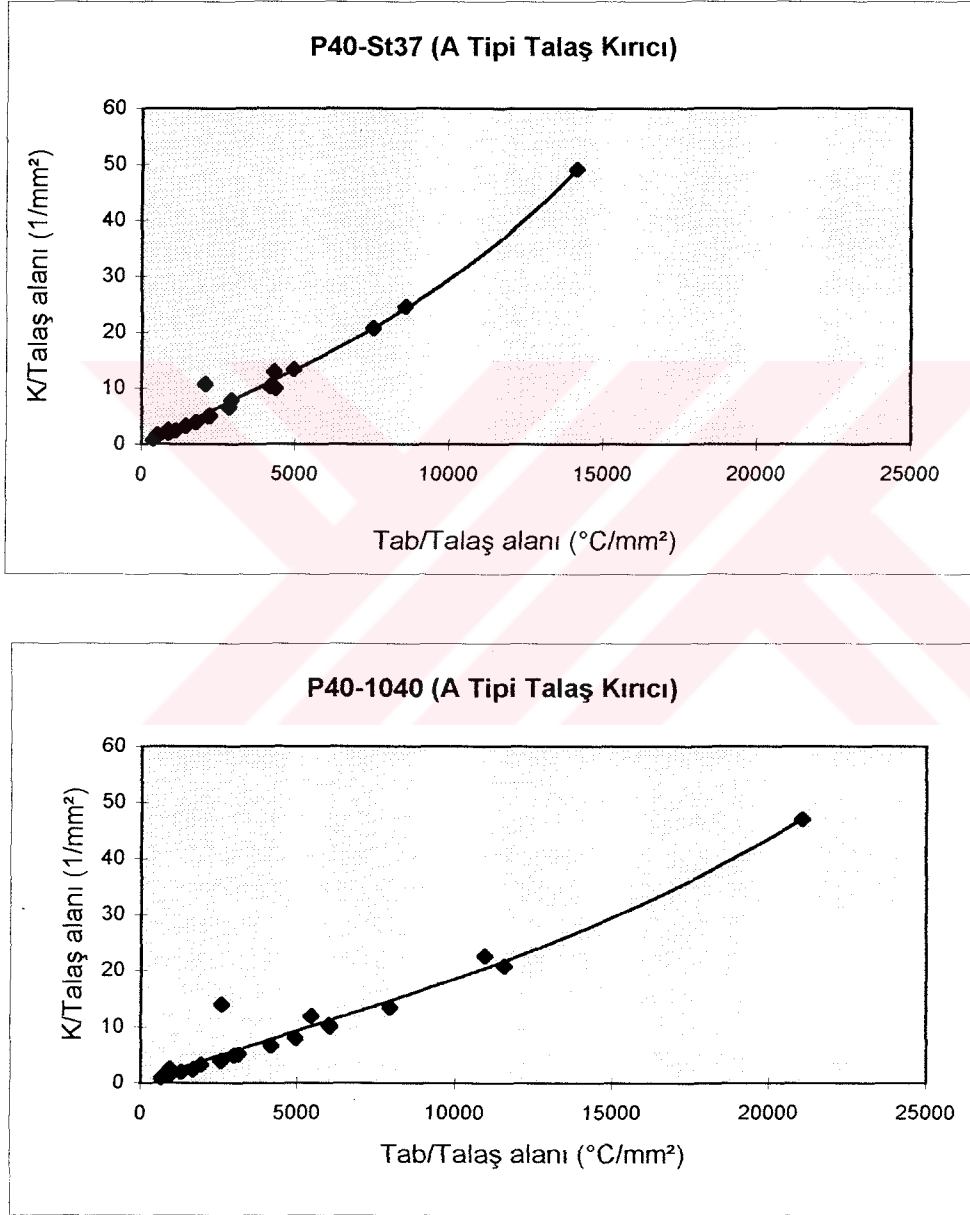


Şekil 6.2 c “Kayma bölgesi sıcaklığı(T_{ab})/Talaş alanı” ile “Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P40-St37, P40-1040 B tipi talaş kırıcı)

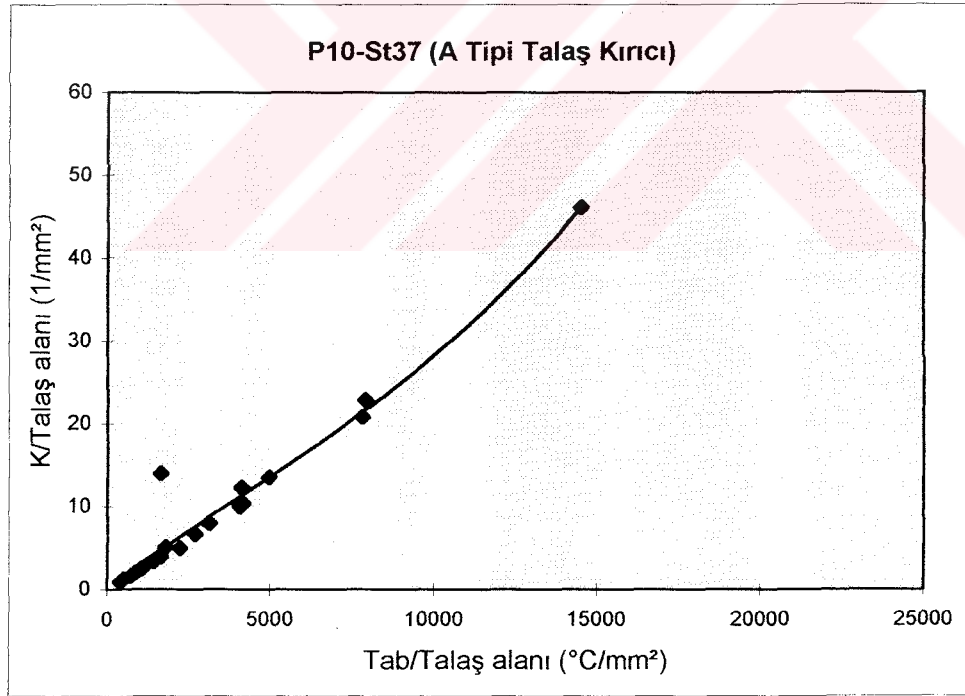
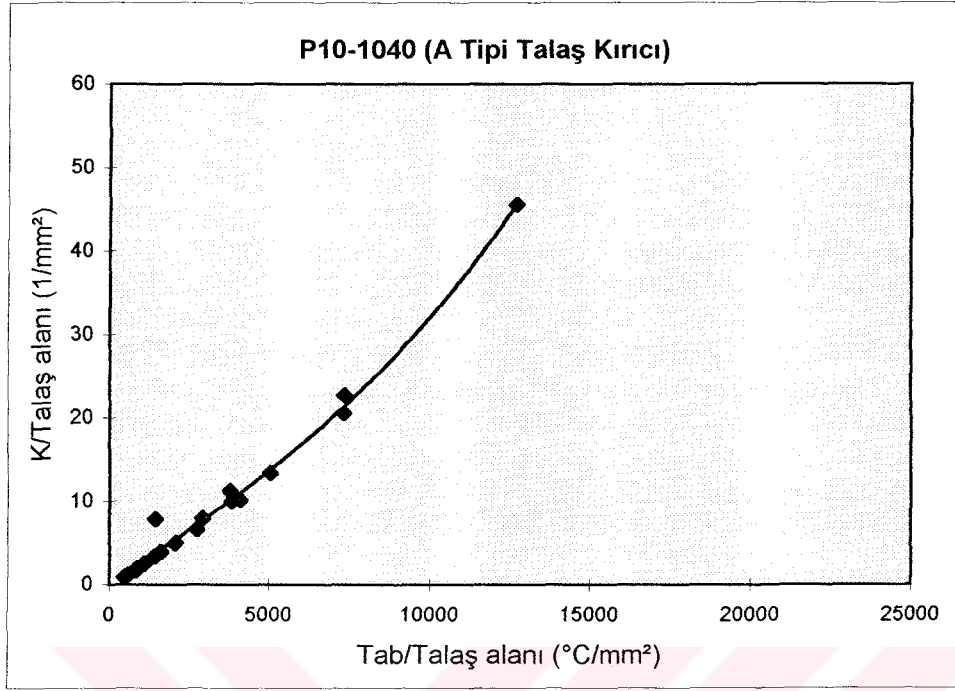


Şekil 6.2 d “Kayma bölgesi sıcaklığı(T_{ab})/Talaş alanı” ile “Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P10-1040, P10-St37, B tipi talaş kırıcı)

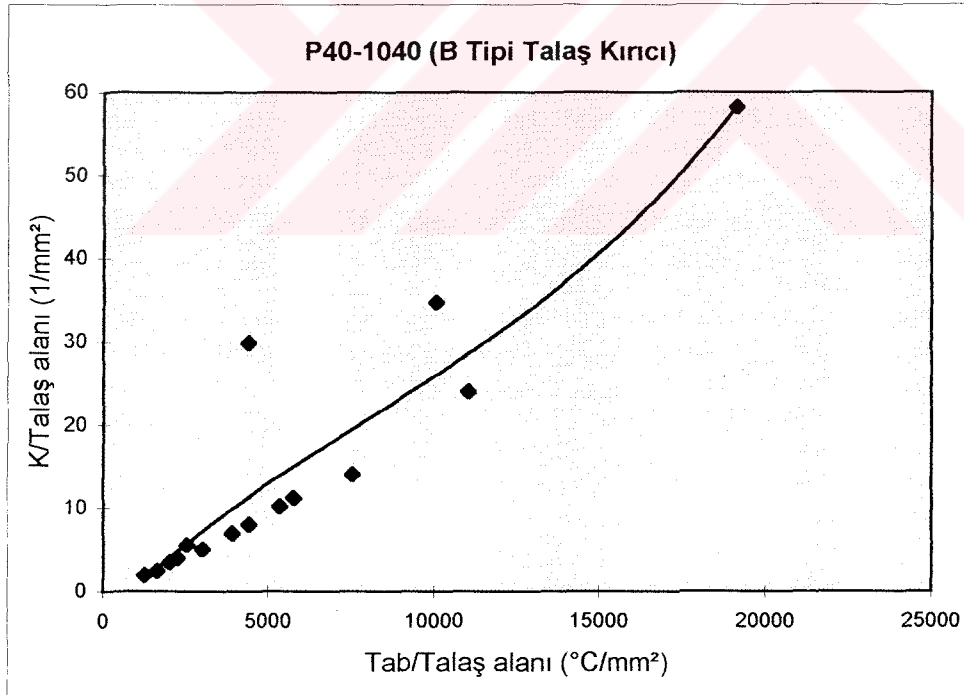
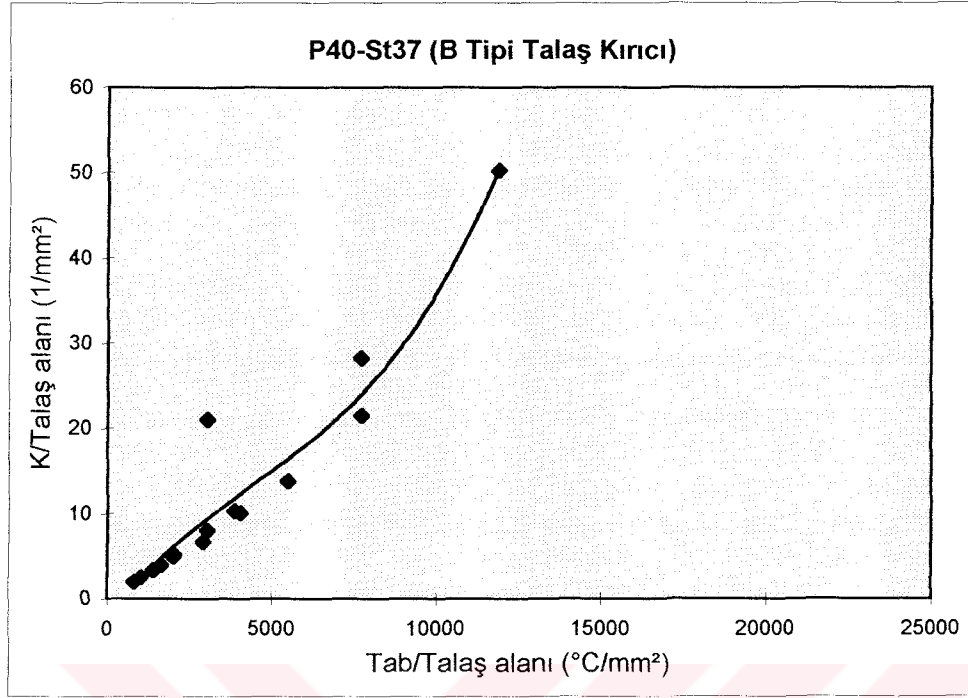
Şekil 6.3.a,b,c,d’de “Kayma bölgesi sıcaklığı (T_{ab})/Talaş alanı” ile “Talaş kırılma kriteri (K) /Talaş alanı” arasındaki ilişkiyi veren eğriler farklı talaş kaldırma şartları için verilmektedir. Eğriler 3.dereceden polinom olacak şekilde (ilişkinin 3.derece olduğu denklem 4.15’de görülmektedir) regresyonla çizilmiştir. Birim talaş alanı için Talaş kırılma kriteri K, kayma bölgesi sıcaklığı (T_{ab}) ile artmaktadır.



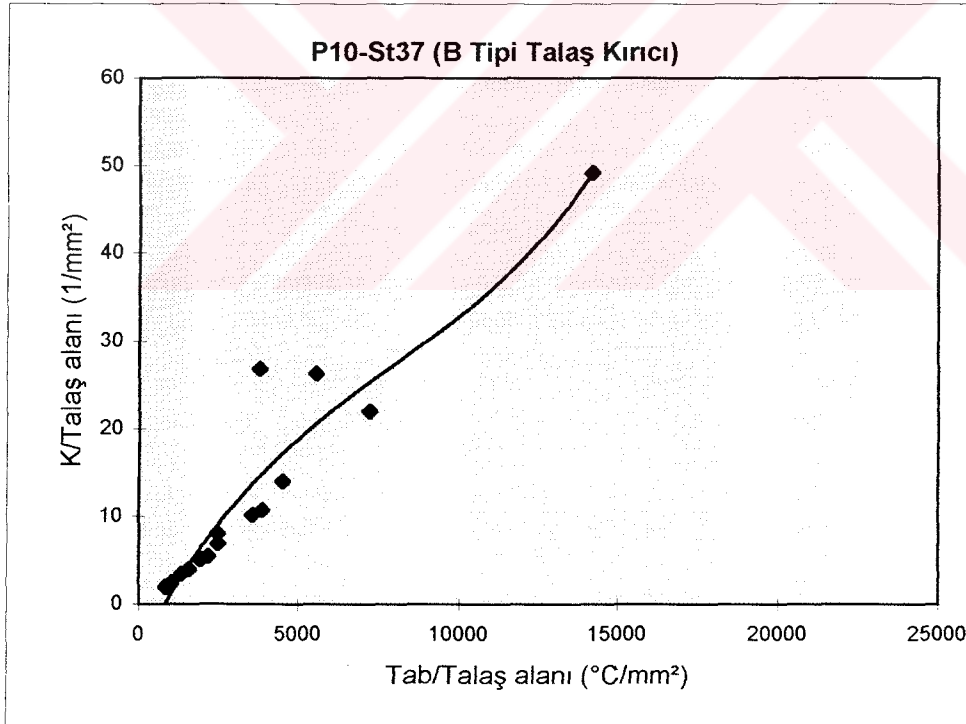
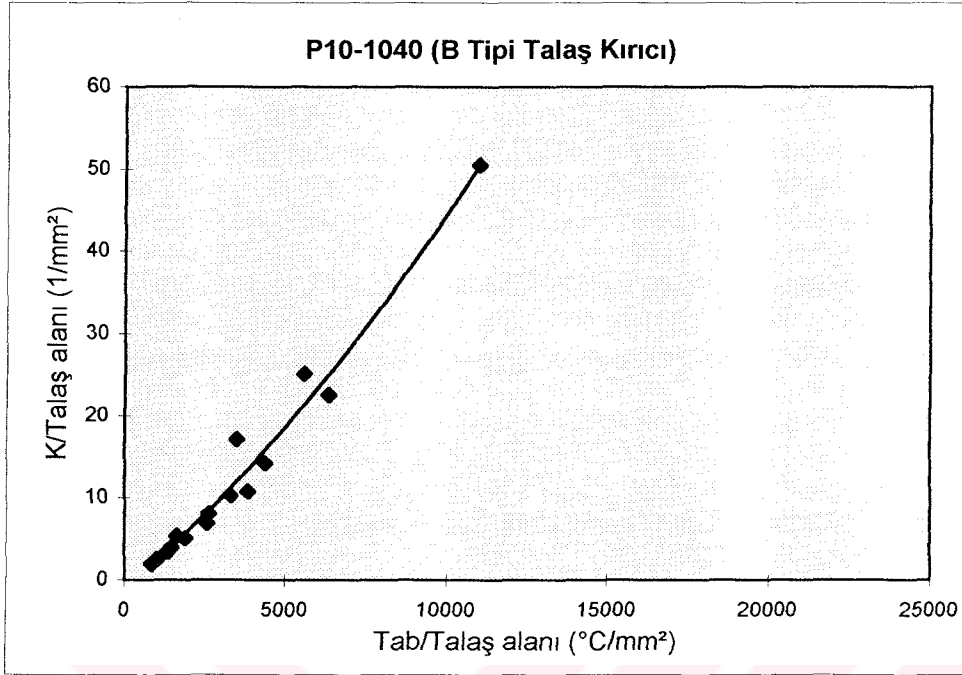
Şekil 6.3 a “Kayma bölgesi sıcaklığı(T_{ab})/Talaş alanı” ile “Kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P40-St 37, P40-1040, A tipi talaş kırıcı)



Şekil 6.3 b “Kayma bölgesi sıcaklığı(T_{ab})/Talaş alanı” ile “Kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P10-1040, P10-St 37, A tipi talaş kırıcı)

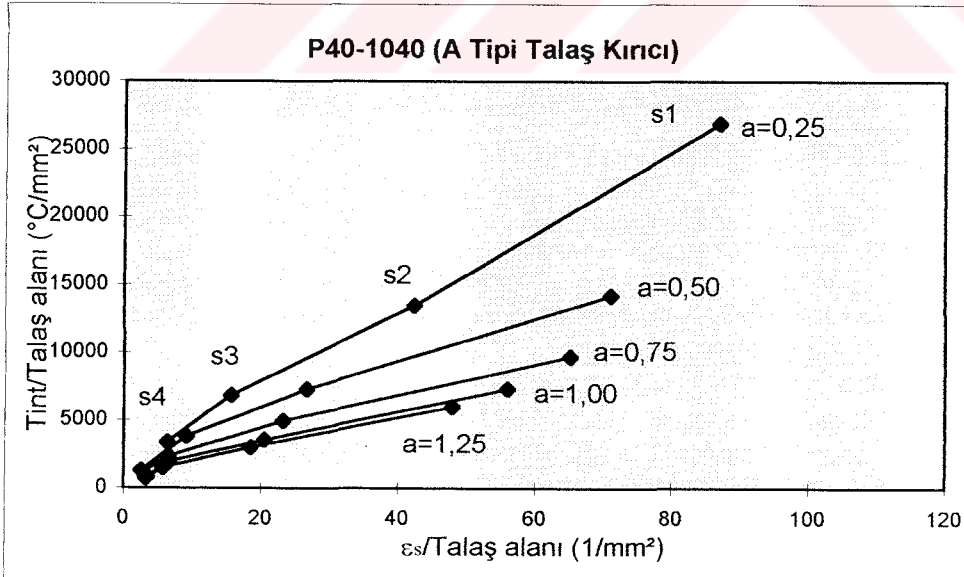
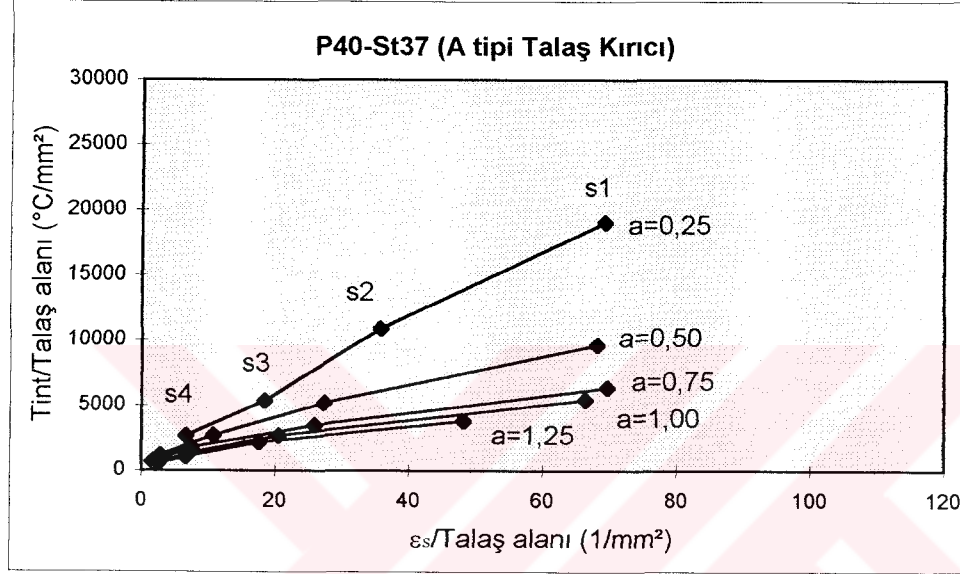


Şekil 6.3 c “Kayma bölgesi sıcaklığı(T_{ab})/Talaş alanı” ile “Kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P40-St 37, P40-1040, B tipi talaş kırıcı)

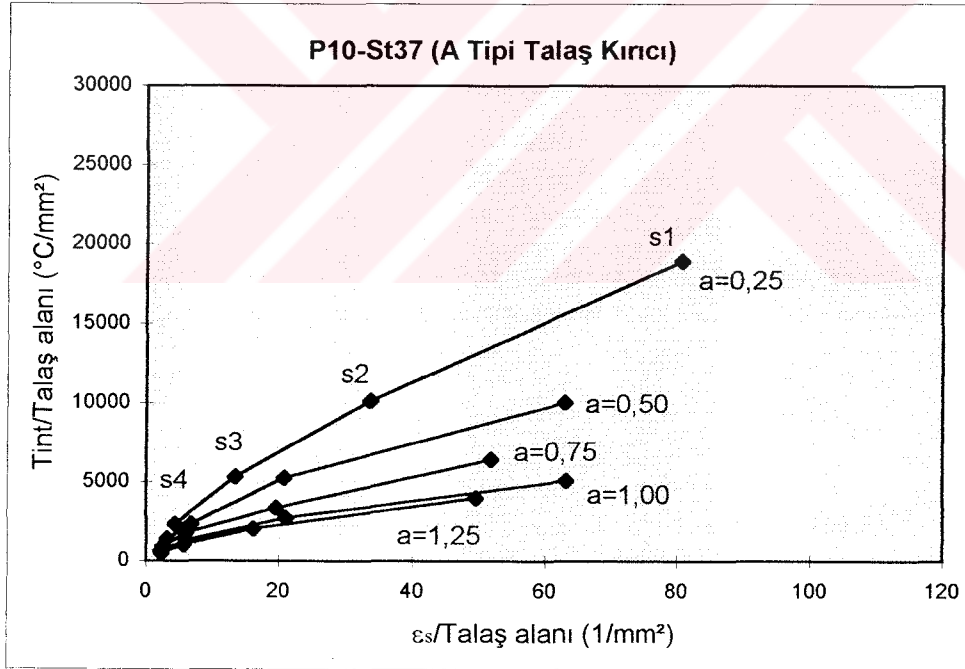
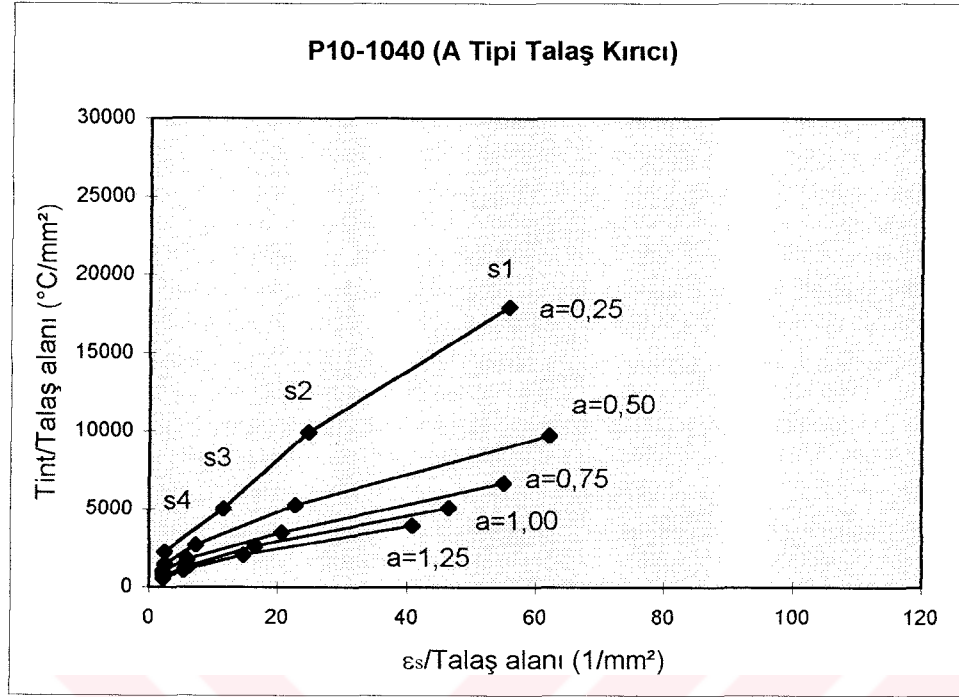


Şekil 6.3 d “Kayma bölgesi sıcaklığı(T_{ab})/Talaş alanı” ile “Kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P10-1040, P10-St 37, B tipi talaş kırıcı)

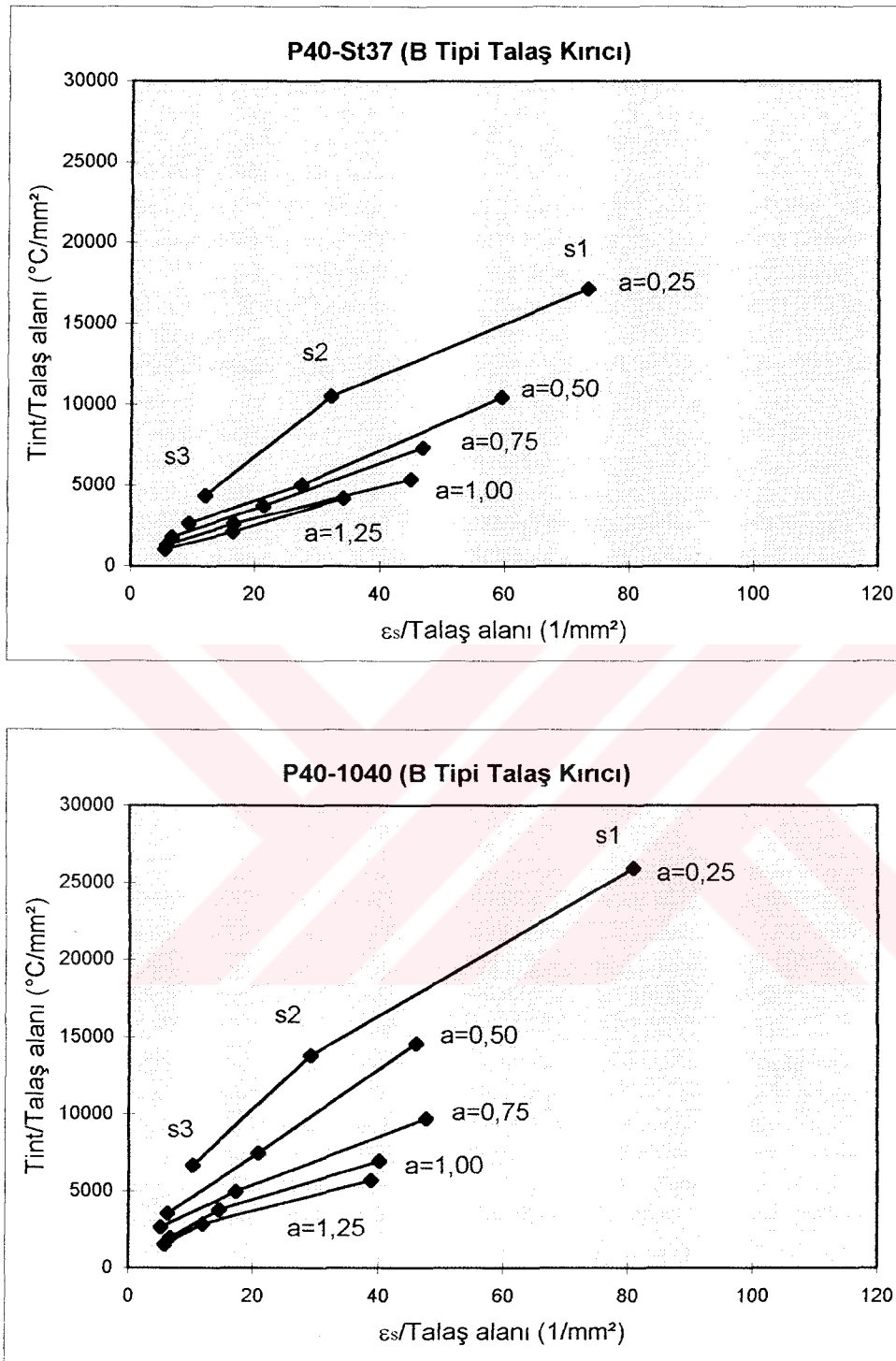
Şekil 6.4.a,b,c,d'de “Takım-talaş arayüzey sıcaklığı (T_{int})/Talaş alanı” ile “Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişkiyi gösteren eğriler farklı talaş kaldırma şartları için verilmektedir. Birim talaş alanı için takım-talaş arayüzey sıcaklığı (T_{int}) arttıkça, kayma gerinimi (ϵ_s) artmaktadır. Belirli bir ilerleme için kesme derinliği arttıkça birim talaş alanı için (T_{int}) ve (ϵ_s) azalmaktadır. Belirli bir kesme derinliği için ilerleme arttıkça birim talaş alanı için (T_{int}) ve (ϵ_s) azalmaktadır.



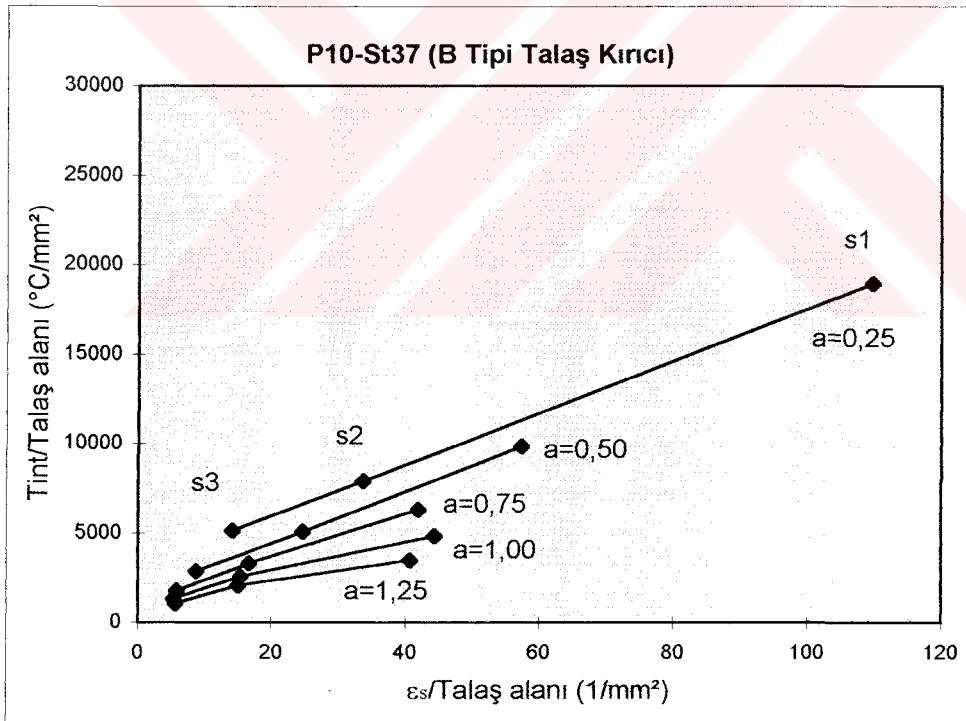
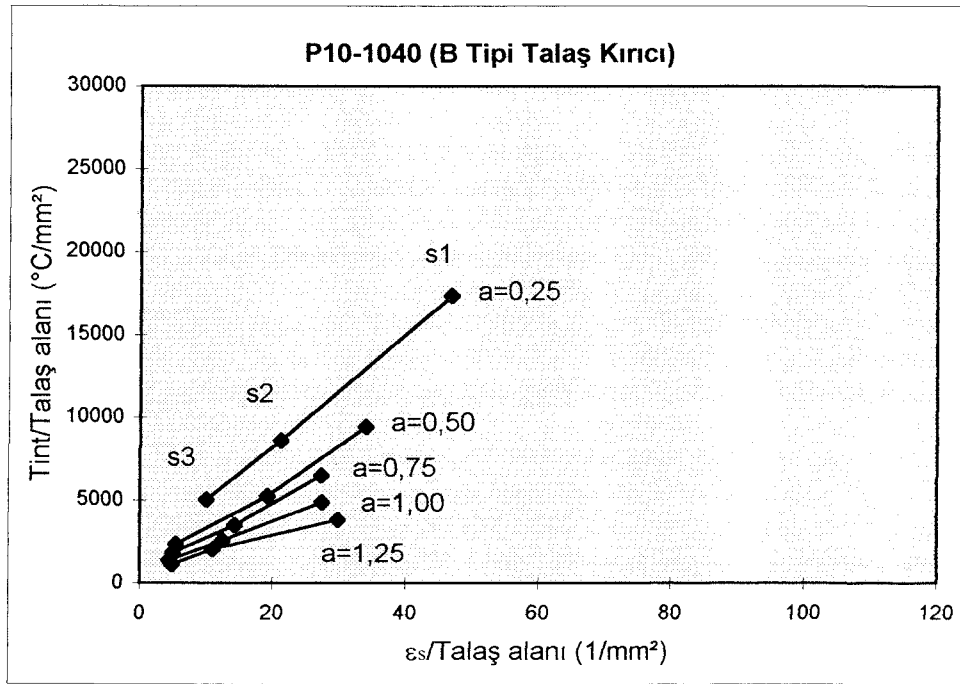
Şekil 6.4 a “Arayüzey sıcaklığı(T_{int})/Talaş alanı” ile “Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P40-St37, P40-1040, A tipi talaş kırıcı)



Şekil 6.4 b “Arayüzey sıcaklığı(T_{int})/Talaş alanı” ile “Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P10-1040, P10-St37, A tipi talaş kırıcı)

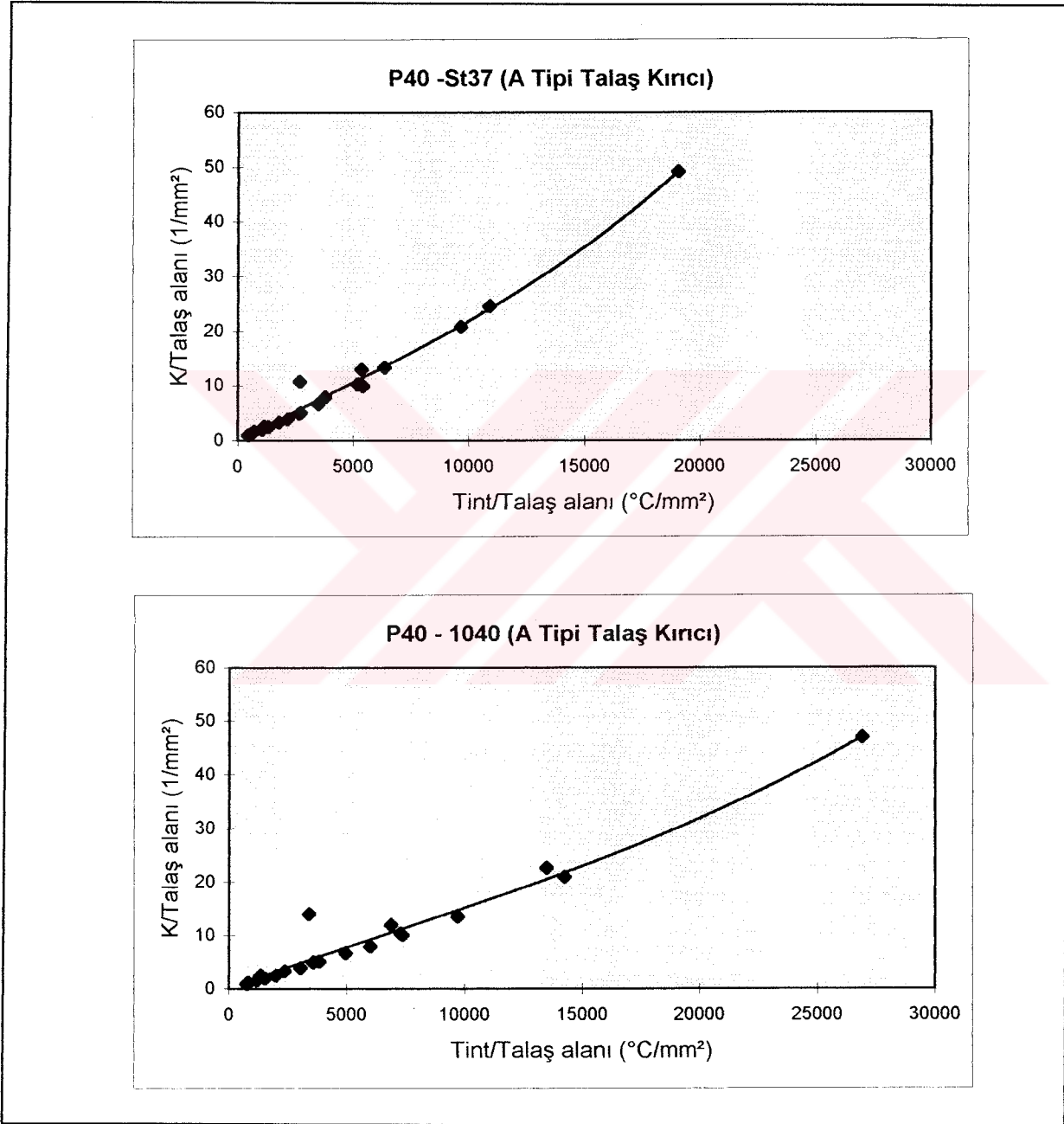


Şekil 6.4 c “Arayüzey sıcaklığı(T_{int})/Talaş alanı” ile “Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P40-St37, P40-1040, B tipi talaş kırıcı)

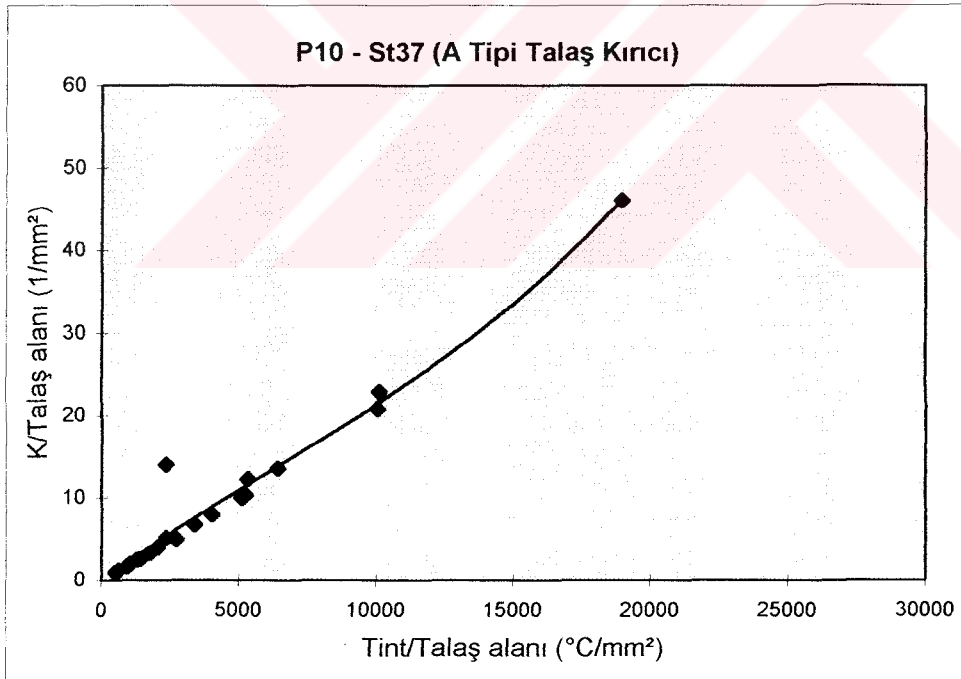
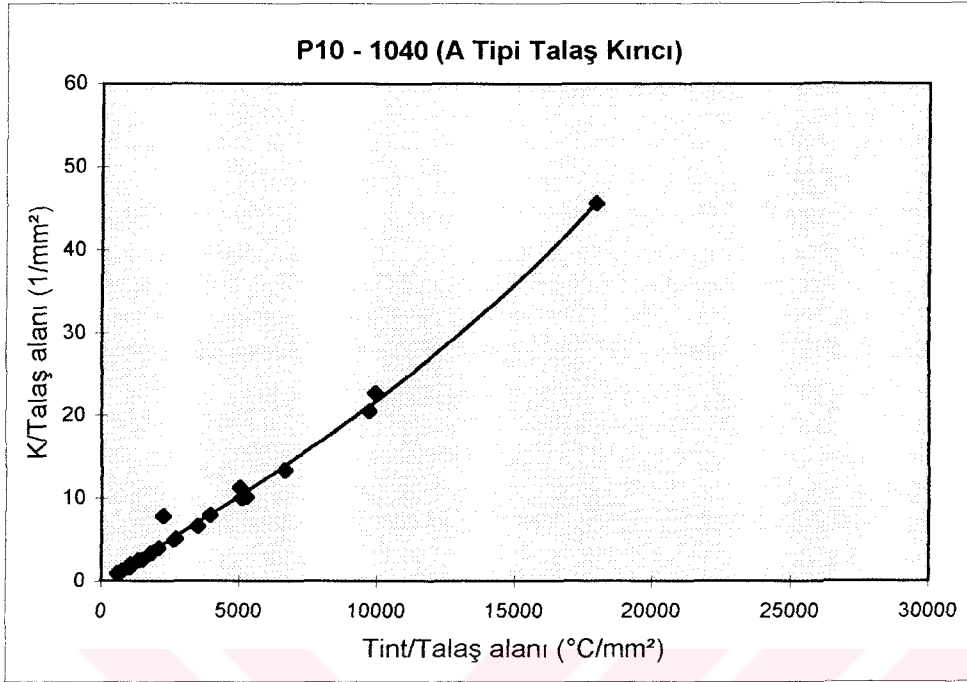


Şekil 6.4 d “Arayüzey sıcaklığı(T_{int})/Talaş alanı” ile “Kayma gerinimi (ϵ_s)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P10-1040, P10-St37, B tipi talaş kırıcı)

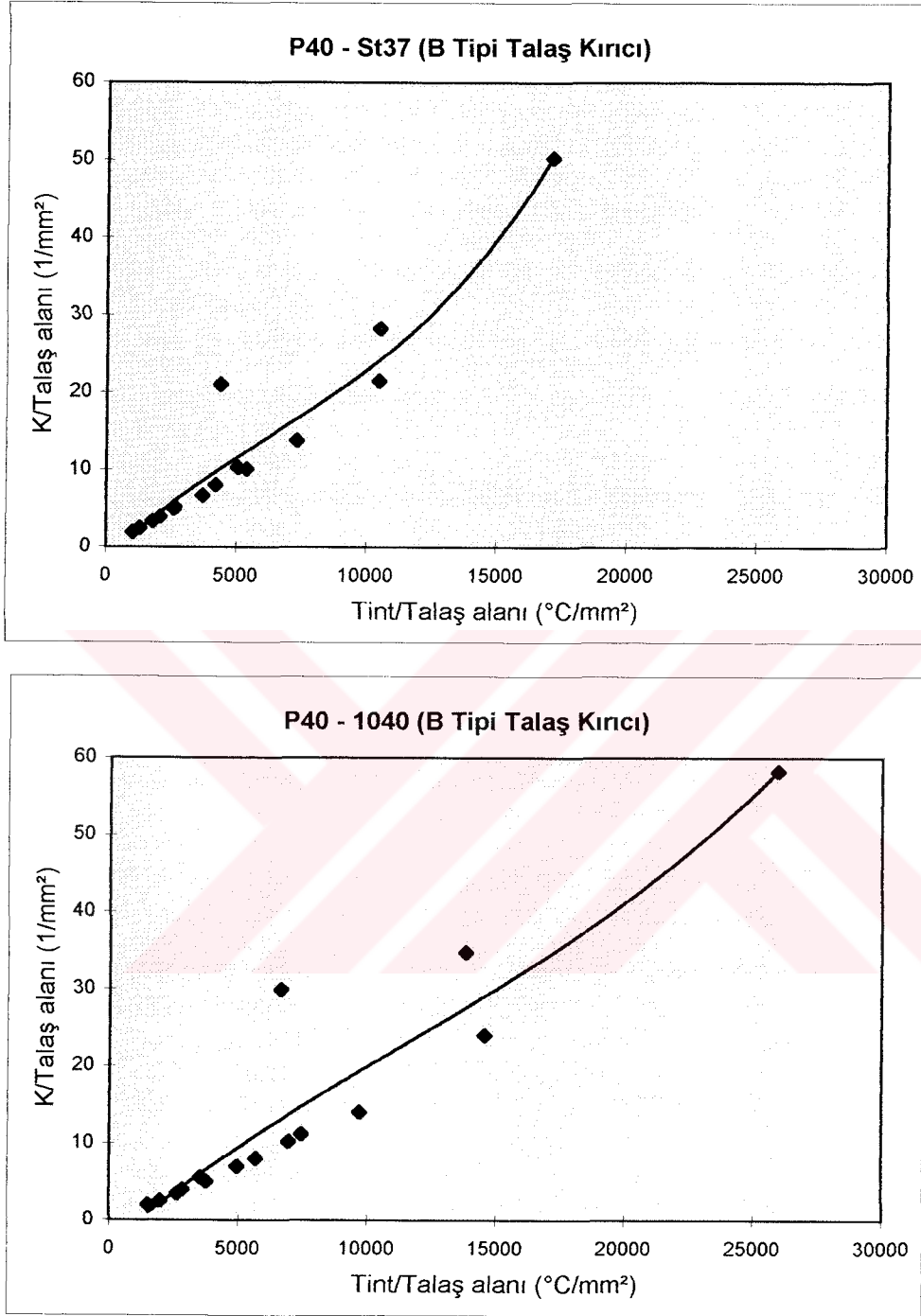
Şekil 6.5.a,b,c,d’de “Takım-talaş arayüzey sıcaklığı (T_{int})/Talaş alanı” ile “Talaş kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişkiyi veren eğriler farklı talaş kaldırma şartları için verilmektedir eğriler 3. Dereceden polinom olacak şekilde (ilişkinin 3.dereceden polinom olduğu denklem 4.27’de görülmektedir) regresyonla çizilmiştir. Birim talaş alanı için, talaş kırılma kriteri değeri (K), takım talaş arayüzey sıcaklığı ile artmaktadır.



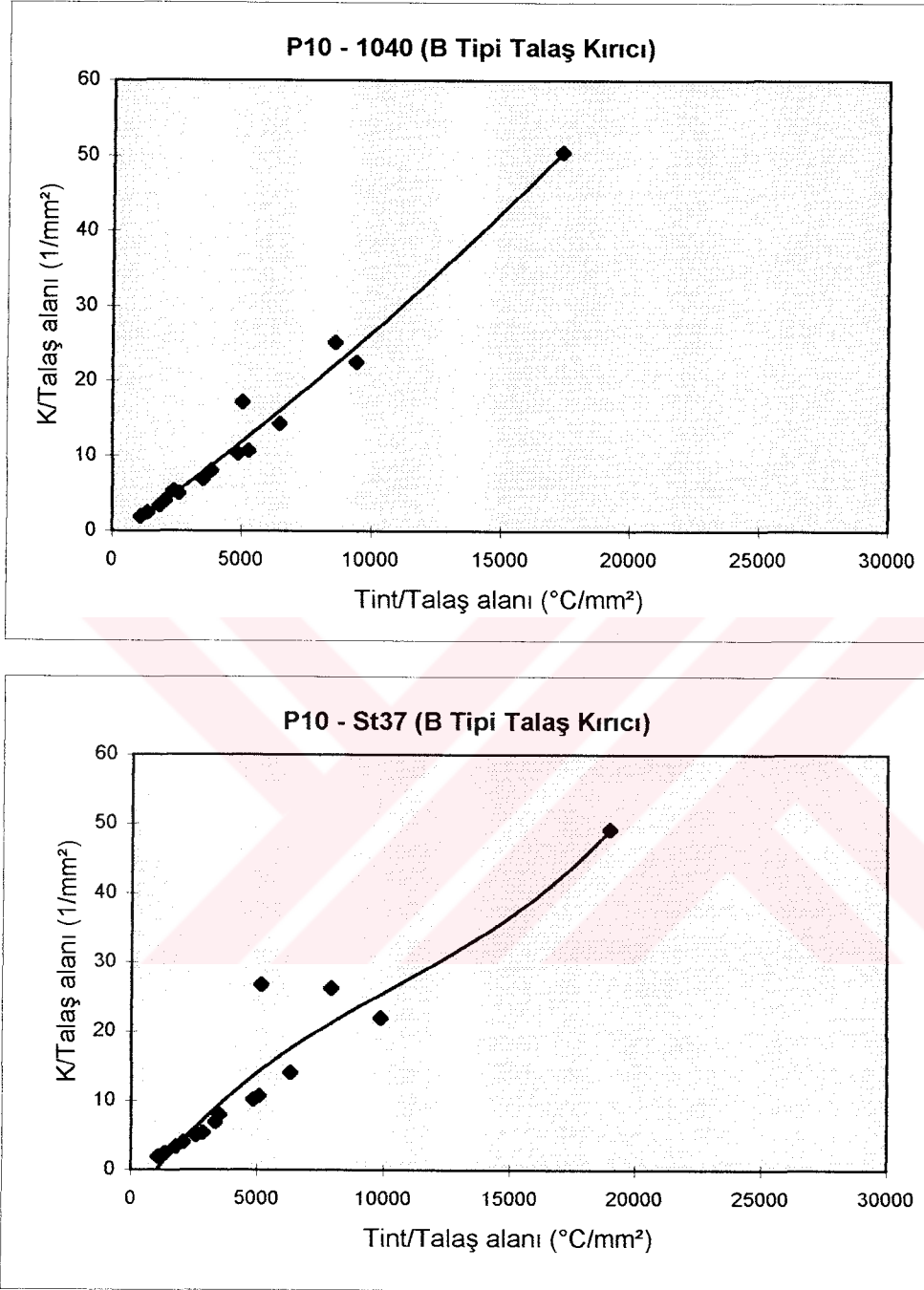
Şekil 6.5 a “Arayüzey sıcaklığı(T_{int})/Talaş alanı” ile “Talaş Kırılma Kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P40-St37, P40-1040, A tipi talaş kırıcı)



Şekil 6.5 b “Arayüzey sıcaklığı(T_{int})/Talaş alanı” ile “Talaş kırılma kriteri(K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P10-1040, P10-St37, A tipi talaş kırıcı)

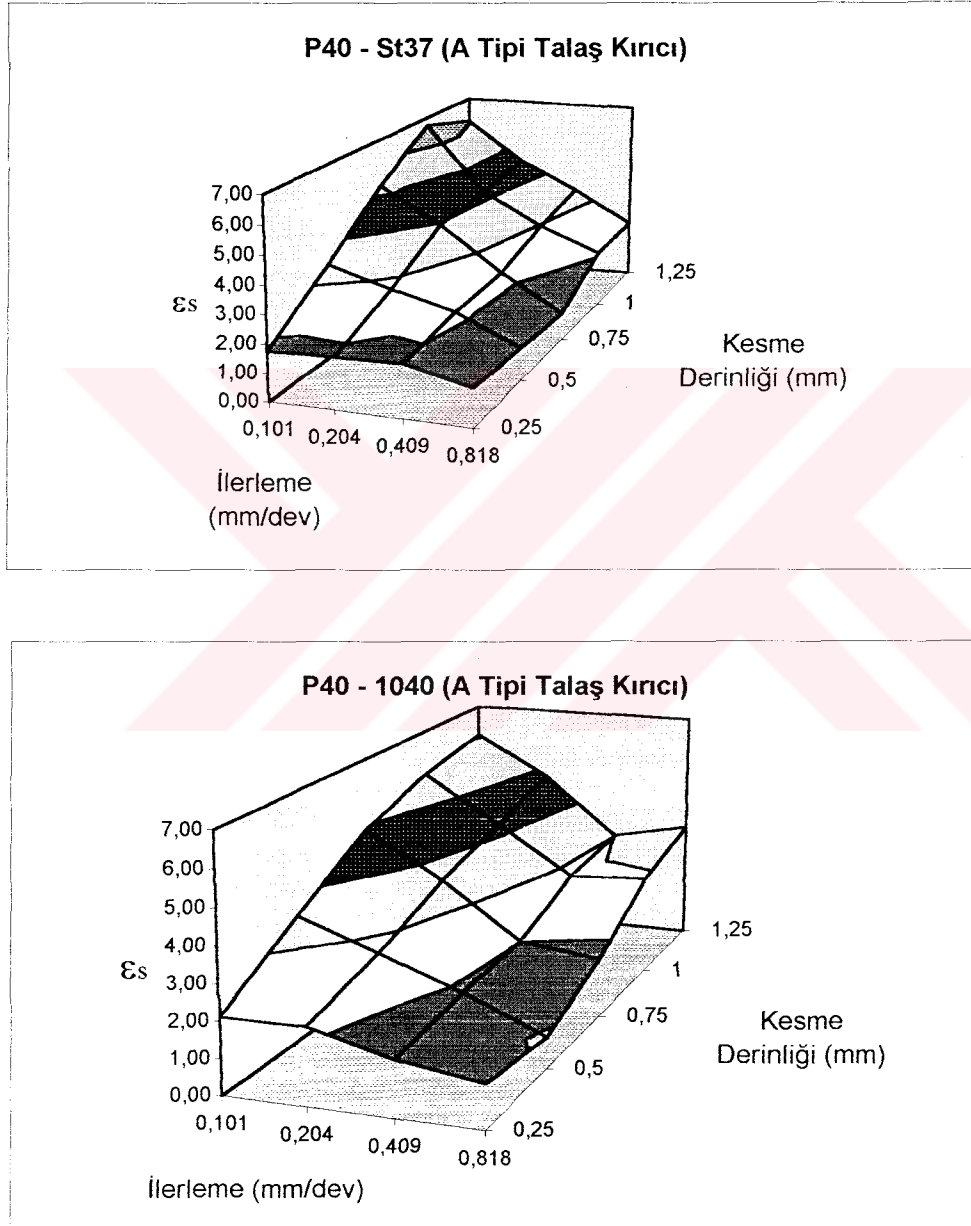


Şekil 6.5 c “Aryüzey sıcaklığı(T_{int})/Talaş alanı” ile “Talaş kırılma kriteri (K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P40-St37, P40-1040, B tipi talaş kırıcı)

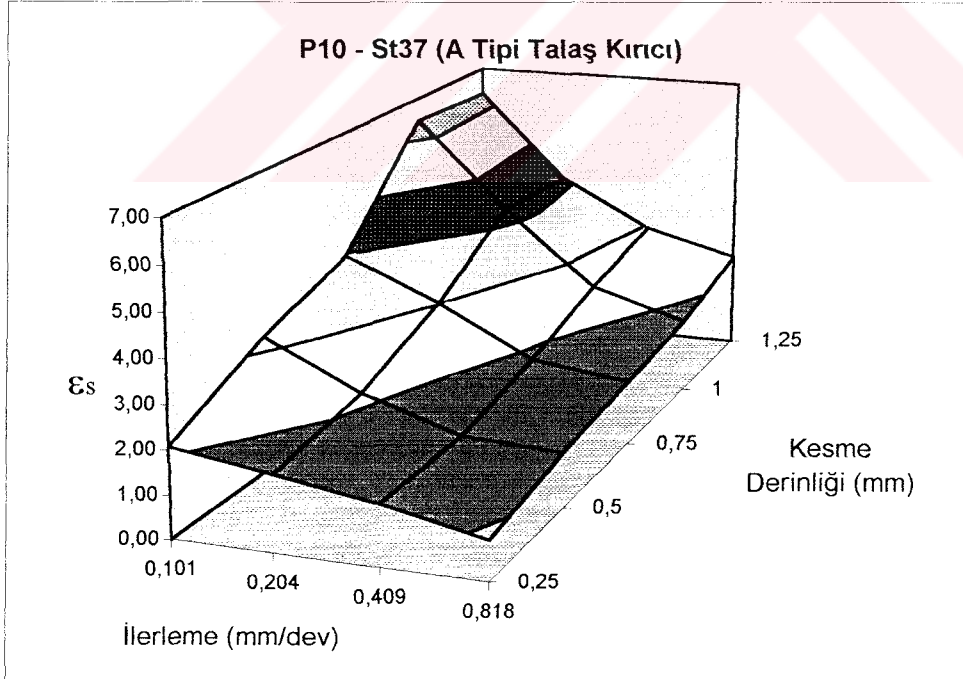
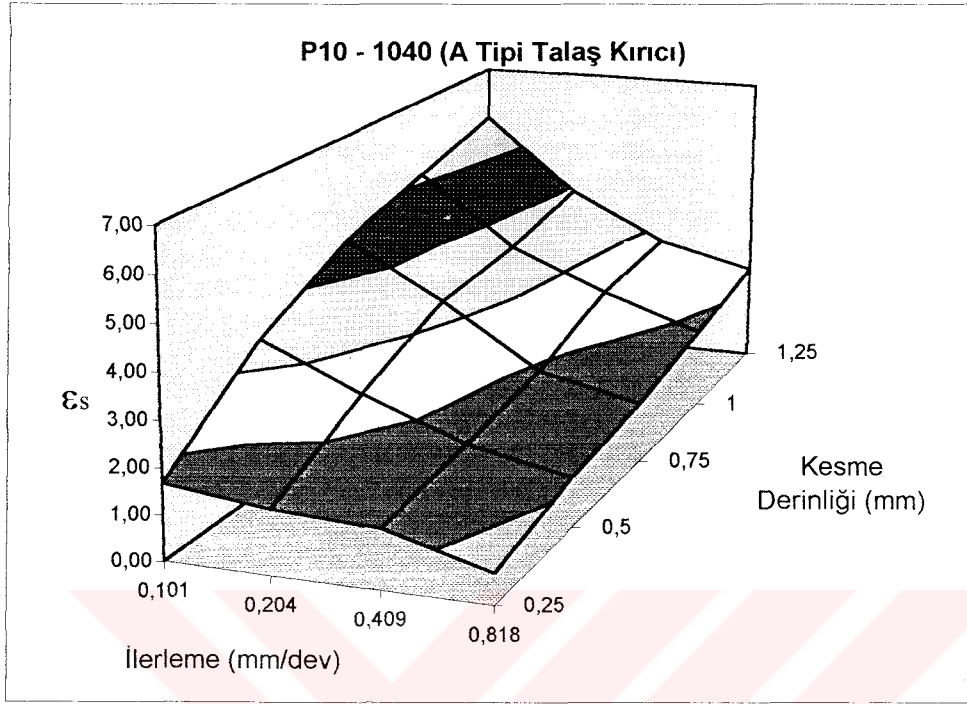


Şekil 6.5 d “Arayüzey sıcaklığı(T_{int})/Talaş alanı” ile “Talaş kırılma kriteri(K)/Talaş alanı” arasındaki ilişki (P10-1040, P10-St37, B tipi talaş kırıcı)

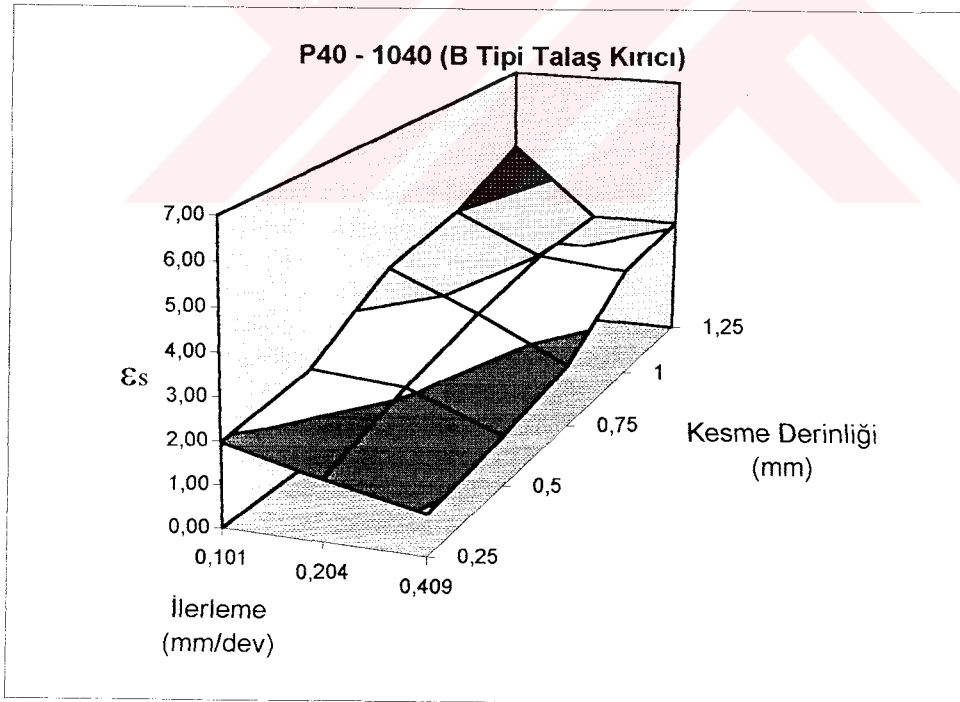
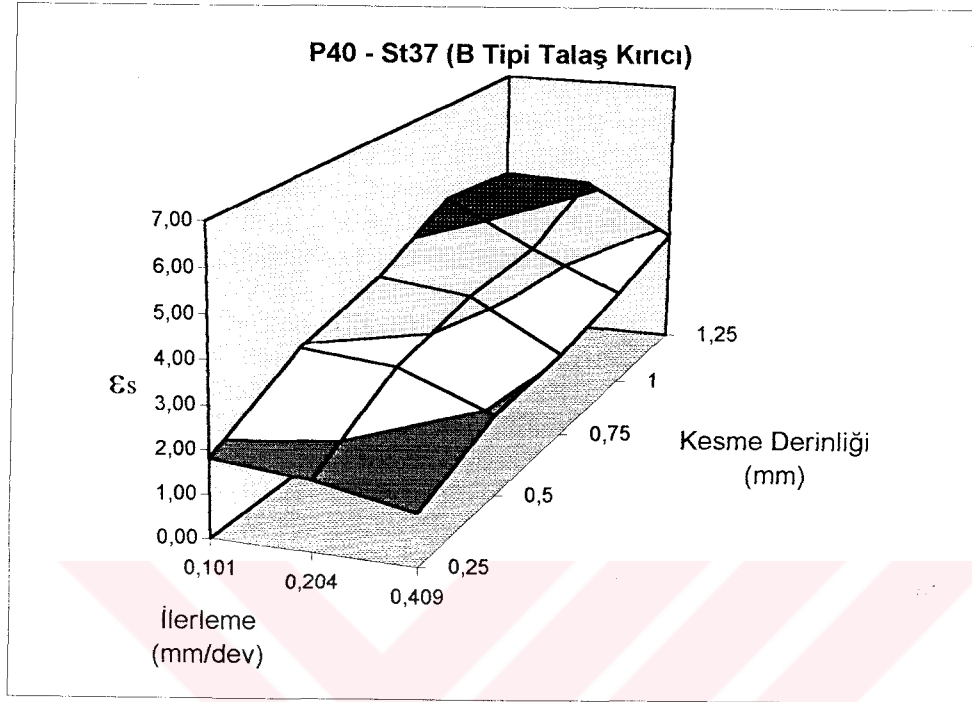
3. Deney şartlarında ısı denklemlerinden elde edilen kayma gerinimi, kesme derinliği ve ilerlemeye bağlı kalarak Şekil 6.6.a,b,c,d’de verilmektedir. Şekil 5.16 ile Şekil 6.6a,b,c,d birlikte incelendiğinde, sıcaklığın yüksek olduğu a-s değerlerinde, kesme derinliğinin küçük ilerlemenin yüksek olduğu durumda kayma geriniminin yüksek olmadığı görülmektedir. ϵ_s , büyük talaş kesitlerinde yüksek değerler vermektedir.



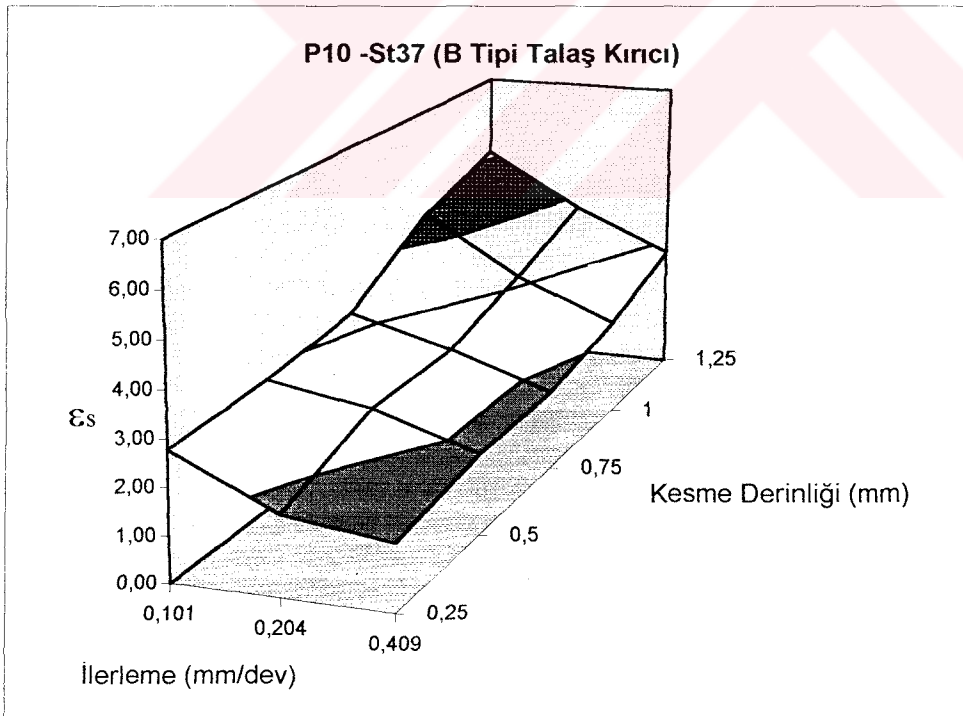
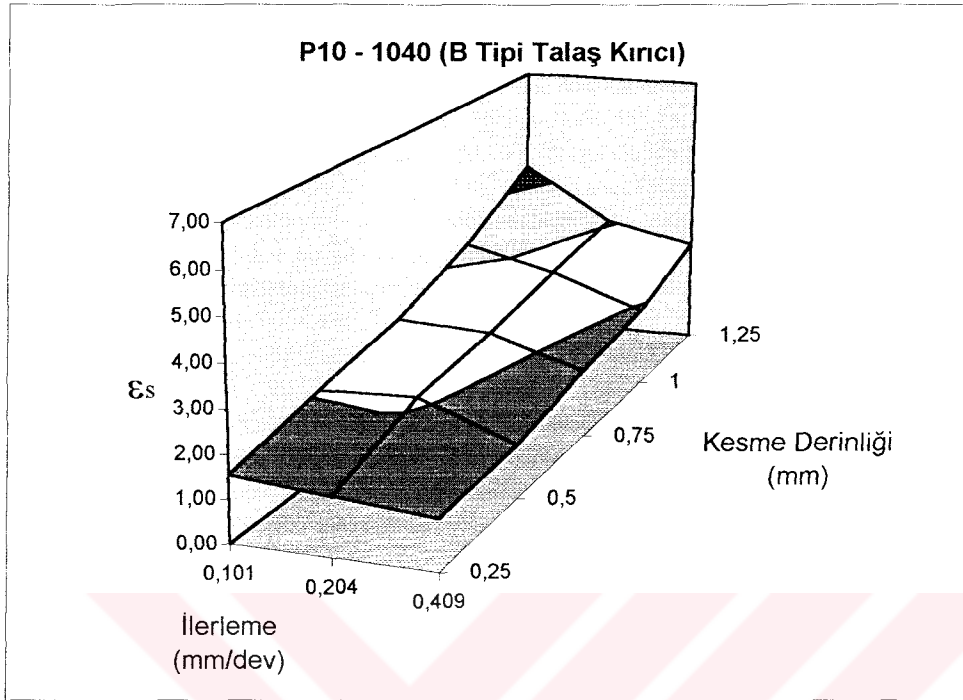
Şekil 6.6 a “Kayma gerinimi(ϵ_s)-a-s” diyagramları (P40-St37, P40-1040, A tipi talaş kırıcı)



Şekil 6.6 b “Kayma gerinimi(ϵ_s)-a-s” diyagramları (P10-1040, P10-St37, A tipi talaş kırıcı)



Şekil 6.6 c “Kayma gerinimi(ϵ_s)-a-s” diyagramları (P40-St37, P40-1040, B tipi talaş kırıcı)



Şekil 6.6 d “Kayma gerinimi(ϵ_s)-a-s” diyagramları (P10-1040, P10-St37, B tipi talaş kırıcı)

4. “K” kırılma kriterleri, sıcaklıklar ve kayma gerinimleriyle birlikte incelendiğinde (Şekil 5.16, Şekil 6.1, Şekil 6.6), maksimum talaş kesitinde sıcaklıkların çok yüksek olmadığı, kayma geriniminin ise maksimum olduğu, kırılma kriteri değerinin de azaldığı ve kritik kırılma değerinin altında da talaş kırılmasına neden olduğu görülmüştür. Yüksek sıcaklıklar da ise kayma gerinimi azalmakta ve kırılma kriteri de artmakta böylece kabul edilebilir nitelikte talaş kırılması görülmemektedir.

5. St37 ve 1040 çelikleri için çalışılan talaş kaldırma şartlarında talaş kırılma kriteri talaş kırıcı formuna göre değişmektedir. Çizelge 6.1’de talaşın kırılmasındaki talaş kırılma kriteri değerleri verilmektedir.

Çizelge 6.1. İş parçası ve takım malzemelerine göre “K” kırılma kriterleri

Malzeme		A Tipi Talaş Kırıcı	B Tipi Talaş Kırıcı
Takım	İş Parçası	“K” kriterler	“K” kriterler
P40	St37	1.0169	1.0452
P40	1040	1.0215	1.0656
P10	1040	1.0165	1.0312
P10	St37	1.0128	1.0312

6. Bu çalışmada elde edilen Çizelge 6.1’de görülen talaş kırılma kriterleri dikkatlice incelendiğinde P40 kalite takım ile çalışmada P10 kalite takıma göre daha yüksek talaş kırılma kriteri değerleri elde edildiği görülür. Bu sert metal takım malzemesinin ısı iletkenliğindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Isıyı az ileten P10 kalitesindeki takımla talaş kaldırmada, ölçülen arayüzey sıcaklıklarının P40’a göre düşük olduğu bunlara bağlı olarak aynı deney şartlarında P40 kalite takıma göre kırılma kriterlerinin daha küçük olduğu ve kabul edilebilir talaş bölgesinin küçüldüğü görülmektedir (Şekil 6.1).

7. Kayma gerinimi (ϵ_s) değerinin yükselmesi durumunda, kırılma kriteri (K) değeri artmakta, Sıcaklığın artması durumunda ise kırılma kriteri (K) düşmektedir. (K) değerinin artması deney grupları içerisinde edilebilir talaş bölgesinin azalmasını, bu değer düşmesi ise kabul edilebilir talaş bölgesinin artmasını göstermektedir.

8. Bu çalışmada ana hedef olmamakla birlikte talaş kırılma kriterinin saptanmasında gerekli olan yana talaş akış açısı için çalışma şartlarında geçerli olan bir denklem, çoklu regresyon yöntemiyle elde edilmiştir.

$$v = C \cdot \frac{s^d}{a^e}$$

Buradaki C, d, e katsayıları 5. Bölümde Çizelge 5.6'da verilmiştir.

9. Bu çalışmada sıcaklıklar $< 0.5 \cdot T_e$ (İş parçası malzemesi ergime sıcaklığı) olup talaş, talaş kırıcıda elastik-plastik deformasyona uğramaktadır. Kullanılan teorik yaklaşımlar bu sıcaklık bölgesinde uygun olmaktadır. Bu sınırın dışına çıkan talaş kaldırma işlemlerinde bu yaklaşım kullanılamaz.

10. Bu çalışmada geliştirilen teori, üzerinde talaş kırıcı formunu bulunduran plakelerin talaş kırma performans değerlendirmelerinde ve yeni talaş kırıcı formlarının geliştirilmesinde de yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

Altan E., Kıyak M., (1995), "Talaş Kaldırma İşleminde Oluşan Sıcaklığın Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler", Metal-Makine, Sayı 63, 12-18

Andrayev G. A. (1974), "Thermal State of the Tool Cutting Edge in Intermittent Metal Cutting", Russian Engineering Journal, 54-60

Arndt G., Brown R.H. (1967), "On the Temperature Distribution in Orthogonal Machining", Int. J. Mach. Tool Des. Res., 17, 39-53

Bhattachary K. (1969) Principles of Metal Cutting, London, 356-411

Bootroyd, (1975), Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools,

Byrne G. (1987), "Thermoelectric Signal Characteristics and Average Interfacial Temperature in the Machining of Metals Under Geometrically Defined Conditions", Int. J. Mach. Tools Manuf., 27, 215-224

Chao B.T., Trigger J. K. (1955), "Temperature Distribution at the Tool Chip Interface in Metal Cutting", The American Society of Mech. Eng., 1107-1119

Chao B.T., Trigger J. K. (1958) "Temperature Distribution at The Tool Chip and Tool Work Interface in Metal Cutting", The American Society of Mech. Eng., 311-320

De Chiffre L. (1985), "What Can We Do About Chip Formation Mechanics", Annals of the CIRP, V34(1), 129

Ernst H. (1941), "The Chip Formation Friction and High Quality Machined Surfaces", Surface Treatment of Metals, ASM, 299-378

Fokin O.V. (1963) "Determining the Temperature on the Tool-Chip-Workpiece interface", Russian Eng. Journal, 43:47

Gane N. (1977) "Chip Fracture During Metal Machining", Australian Conference on Manufacturing Engineering, August 1977, Sydney, 17-19

Hahn H. (1954) "On the Temperature Developed at the Shear Plane in the Metal Cutting Process", The American Society of Mech. Eng., 661-666

Jaeger J. C. (1942) "Moving Sources of Heat and the Temperature of Sliding Contact", Proc. of the Royal New South Wales, 203-224

Jawahir I.S., Ghosh R. (1995) "An Investigation of the Effects of Chip Flow on tool-wear in Machining with Complex Grooved Tools", WEAR, 184, 145-154

Jawahir I.S. (1990) "On the Controllability of Chip Breaking Cycles and Modes of Chip Breaking in Metal Machining", Annals of the CIRP, 39/1:47-51

Jawahir I.S., Ghosh R. (1995) "An Investigation of the Effects of Chip Flow on Tool-Wear in Machining with Complex Grooved Tools", *WEAR*, 184:145-154

Jawahir I.S. (1988) "The Tool Restricted Contact Effect as a Major Influencing Factor in Chip Breaking An Experimental Analysis", *Annals of the CIRP*, 37/1:121-126

Jawahir.I.S. (1993) "Recent Developments in Chip Control Research and Applications" *Annals of the CIRP*, 42/2:659-693

Jiang C., Zhang Z. (1984) "Experimental Research of the Chip Flow Direction and its Application to the Chip Control", *Annals of the CIRP*,33/1:81-84

Kaldor S., Ber A.(1979) "On the Mechanism of the Chip Breaking", *Journal of Engineering for Industry*, 101:241-249

Kato T, Fujii H. (1996) "PVD Film Method for Measuring the Temperature Distrubution in Cutting Tools", *Journal of Engineering for Industry*, 118 :117-122

Kayalı E.S., Ensari C., Metallere Plastik Şekil Verme İlke ve Uygulamaları, İ.T.Ü. Kimya-Metalürji Fakültesi, 1986, İstanbul

Kıyak M., Eraslan M., Altan E. (1998) "In Turning On-Line Determination of Cutting Tool Wear Rate by Measuring Cutting Temperature", 6th IMEKO SYM., 8-10 Sept.,1998, Wien 319-326

Kluft W.,König C.,(1979),"Present Knowledge of Chip Control", *Annals of the CIRP*, V28/2,p441-445

Liu P.D., Hu R.S., Zhang H.T. (1992) "A Study on Chip Curling and Breaking", *Proceedings of the Twenty-ninth International Matador Conference*, 6-7 April 1992, London

Loewen.S. (1954), "On the Analysis of Cutting Tool Temperatures",*The American Society of Mech. Eng.* 217-225

Leone W. (1954) "Distribution of Shear Zone Heat in Metal Cutting",*The American Society of Mech. Eng.* 121-125

Limonov L. P. (1963) "Determining the Temperature Fields in a Parting off Tool",*Russian Eng. Journal*, 43:29-32,

Nakayama K,(1962),"Chip Curl in Metal Cutting Process"*Bulletin of the Faculty of Eng.*,1-13

Nedess C.,(1989),"Characteristics Parameters of Chip Control in Turning Operations with Indexable Inserts and Three Dimensionally Shaped Chip Formers",*Annals of CIRP*,V38, 75-79

Oxley P.B. (1989), *The Mechanics of Machining*, Ellis Horwood Limited Press, England

Piispanen R.,(1968)"Chip Formation Ortogonal Cutting"*Annals of the CIRP* p.565

Reznikow A. (1963). "Heat and Physical Effect in Cutting Metals and plastics", Russian Eng. Journal, 43:22-26,

Reznikow A. (1963) "Determining Cutting Tool Temperature Field by Electrical simulation ", Russian Eng. Journal, 43:33-35

Shaw M. (1991), Metal Cutting Principles, Oxford Press, London

Shaw.M.C. (1988), "Temperatures in Cutting", Proc.ASME Sym.on Thermal aspect in Manufacturin PED, 30:133-143

Smith G.T. (1992) "The Design and Development of Automatic Chip Breaking For Continuous Cutting Operations", 513-518,

Shin Y.C., Betts C.A. (1993), "Control of Chip in Turning of 4150 by Using an Obstruction Type Chip Breaker", Transection of ASME Journal of Engineering for Industry, 115:160-163

Stephenson D.A., Ali A. (1992), "Tool Temperature in Interrupted Metal Cutting", Journal of Engineering for Industry, 114:127-136

Stephenson D.A., "Tool-Work Thermocouple Temperature Measurements Theory and Implementation Issues", Journal of Engineering for Industry, Transactions of ASME, 115: 432-437

Stephenson D. A. (1991), "Assessment of Steady-State Metal Cutting Temperature Models Based on Simultaneous Infrared and Thermocouple Data", Journal of Engineering for Industry, 113:121-128

Stephenson D.A. (1991), "An Inverse Method for Investigating Deformation Zone Temperatures in Metal Cutting", Journal of Engineering for Industry, 113:129-136,

Stevenson.M.G., Wright P.K.(1983), " Further developments in Applying the FEM to the Calculation of Temperature.Distributions in Machining And Comparisons with Experiment", Journal of Engineering for Industry.105:149-154,

Temnikov A.V., Reznikow A.N. (1963), " Thermal Fields in Wedge and Heat Conductivity Temperature Relationship", Russian Eng. Journal, 43:26-29,

Trigger.V, (1951) "An Analytical Evaluation of Metal Cutting Temperatures", The American Society of Mech. Eng. 57-68

Trigger. V. (1951), "An Analytical Evaluation of Metal Cutting Temperatures", The American Society of Mech. Eng. 57-68

Weiner J. H. (1955) "Shear Plane Temperature Disrubution in Orthogonal Cutting",. The American Society of Mech. Eng., 1331-1341

Venuvinod P.K., Lau S.W. (1990), "Tool Life in Oblique Cutting as a Function of Computed Flank Contact Temperature", Journal of Engineering for Industry.112:307-312,

Venuvinod P.K., Lau S.W. (1985), "Estimation of Rake Temperatures in Free Oblique Cutting", Int. J. MTDR. 26:1-14,

Vyas A.(1997). "Chip Formation When Hard Turning Steel", ASME, MED Vol 6-2 p.21-28

Wright P.K (1978), "Correlation of Tempering Effects With Temperature Distribution in Steel Cutting Tools", Journal of Engineering for Industry. 100:131-136

Young H.T. (1992), "An Experimental Investigation of Temperatures in Chip Formation", Proceeding of the Twenty-ninth International Matador Conference, 6-7 April, 1992, London



EKLER

Ek1.“a-s”e Göre Deneylerde Elde Edilen, Kesme Kuvveti, Teğetsel Kuvvet,
Deforme Olmuş Talaş Kalınlığı, Takım-Talaş Temas Mesafesi, Arayüzey
Sıcaklığı ve Yana Talaş Akış Açış Değerleri



EK 1. "a-s"e Göre Deneylerde Elde Edilen Kesme Kuvveti, Teğetsel Kuvvet, talaş Kalınlığı, Takım-Talaş Temas Uzunluğu, Arayüzey Sıcaklığı ve Yana talaş Akış Açısı Değerleri

Kesme Derinliği	İlerleme	Kesme Kuvveti	Teğetsel Kuvvet	Talaş Kalınlığı	Takım-Talaş Temas Uzunluğu	Arayüzey Sıcaklığı	Yana Talaş Akış Açısı
P40-St37(A Tipi Talaş Kırıcı)							
a	s	F	Ft	h	l	Tint	υ
(mm)	(mm/dev)	(N)	(N)	(mm)	(mm)	(°C)	(°)
0,25	0,101	68,23	27,08	0,265	0,335	479,38	63,1
0,25	0,204	115,13	39,49	0,390	0,415	554,59	74,4
0,25	0,409	198,38	57,90	0,700	0,845	547,75	87,5
0,25	0,818	337,39	84,77	0,950	0,990	547,75	89,2
0,50	0,101	126,13	58,04	0,450	0,545	486,22	45,4
0,50	0,204	219,00	85,43	0,585	0,625	527,24	53,5
0,50	0,409	394,40	125,25	0,820	1,010	554,59	62,9
0,50	0,818	675,40	183,38	1,025	1,350	472,54	74,0
0,75	0,101	191,64	87,97	0,700	0,710	480,85	37,4
0,75	0,204	331,65	129,50	0,820	0,760	532,65	44,1
0,75	0,409	588,91	189,86	0,900	1,160	540,92	51,9
0,75	0,818	1015,94	277,97	1,050	1,410	430,22	61,0
1,00	0,101	257,89	124,41	0,770	0,820	547,75	32,6
1,00	0,204	446,40	183,13	0,870	0,920	540,92	38,5
1,00	0,409	792,25	268,48	1,120	1,125	547,75	45,2
1,00	0,818	1342,79	393,08	1,630	1,545	479,38	53,2
1,25	0,101	325,10	159,02	0,850	1,145	479,38	29,3
1,25	0,204	558,28	229,81	0,930	1,260	547,75	34,6
1,25	0,409	982,68	336,92	1,300	1,310	537,51	40,7
1,25	0,818	1685,85	493,28	1,700	1,685	479,38	47,8

P40-1040 (A Tipi Talaş Kırıcı)							
a	s	F	Ft	h	l	Tint	υ
(mm)	(mm/dev)	(N)	(N)	(mm)	(mm)	(°C)	(°)
0,25	0,101	79,95	19,78	0,250	0,340	677,93	56,3
0,25	0,204	129,16	35,95	0,400	0,423	685,96	67,3
0,25	0,409	231,04	64,94	0,550	0,840	702,01	80,3
0,25	0,818	397,28	117,06	0,820	0,980	693,98	82,7
0,50	0,101	155,87	42,86	0,375	0,528	718,06	42,1
0,50	0,204	269,33	77,91	0,495	0,630	742,13	50,3
0,50	0,409	460,51	140,73	0,595	1,000	782,26	60,0
0,50	0,818	791,52	253,67	0,875	1,342	545,18	71,6
0,75	0,101	234,48	66,23	0,495	0,720	734,11	35,5
0,75	0,204	402,54	120,39	0,630	0,930	758,18	42,4
0,75	0,409	688,11	217,45	0,695	1,261	720,22	50,6
0,75	0,818	1182,58	391,95	1,050	1,410	730,34	60,4
1,00	0,101	311,57	91,60	0,575	0,780	742,13	31,4
1,00	0,204	530,45	166,49	0,765	1,037	726,08	37,6
1,00	0,409	912,15	300,73	0,820	1,120	806,33	44,9
1,00	0,818	1570,51	542,06	1,750	1,546	677,93	53,5
1,25	0,101	387,57	117,44	0,605	1,150	758,18	28,6
1,25	0,204	668,16	212,15	0,820	1,254	774,23	34,2
1,25	0,409	1155,82	383,20	0,925	1,320	782,26	40,8
1,25	0,818	1971,24	695,03	1,820	1,671	769,17	48,7

EK 1. "a-s"e Göre Deneylerde Elde Edilen Kesme Kuvveti, Teğetsel Kuvvet, talaş Kalınlığı, Takım-Talaş Temas Uzunluğu, Arayüzey Sıcaklığı ve Yana talaş Akış Açısı Değerleri

Kesme Derinliği	İlerleme	Kesme Kuvveti	Teğetsel Kuvvet	Talaş Kalınlığı	Takım-Talaş Temas Uzunluğu	Arayüzey Sıcaklığı	Yana Talaş Akış Açısı
P10-1040 (A Tipi Talaş Kırıcı)							
a	s	F	Ft	h	l	Tint	υ
(mm)	(mm/dev)	(N)	(N)	(mm)	(mm)	(°C)	(°)
0,25	0,101	77,14	19,44	0,315	0,355	452,38	55,7
0,25	0,204	133,20	35,33	0,410	0,430	505,57	65,7
0,25	0,409	230,53	63,82	0,655	0,720	513,17	77,4
0,25	0,818	392,64	115,04	0,830	0,853	459,98	85,3
0,50	0,101	147,65	41,60	0,535	0,510	490,38	42,6
0,50	0,204	268,86	75,62	0,645	0,620	535,97	50,3
0,50	0,409	460,81	136,59	0,745	1,000	551,16	59,2
0,50	0,818	791,70	246,20	0,915	1,342	604,35	69,7
0,75	0,101	228,93	64,99	0,715	0,720	505,57	36,4
0,75	0,204	402,86	118,12	0,865	0,830	535,97	43,0
0,75	0,409	700,75	213,36	0,895	1,060	551,1	50,6
0,75	0,818	1189,47	384,58	1,030	1,421	634,75	59,6
1,00	0,101	309,42	89,03	0,815	0,813	513,17	32,6
1,00	0,204	535,41	161,83	0,930	0,970	535,97	38,4
1,00	0,409	921,12	292,31	1,165	1,120	551,16	45,3
1,00	0,818	1581,68	526,89	1,350	1,553	604,35	53,3
1,25	0,101	386,77	113,99	0,950	1,150	497,98	29,9
1,25	0,204	663,83	207,19	1,050	1,260	528,37	35,3
1,25	0,409	1151,40	374,23	1,285	1,334	543,57	41,6
1,25	0,818	1977,10	674,55	1,665	1,683	590,12	48,9

P10-St37 (A Tipi Talaş Kırıcı)							
a	s	F	Ft	h	l	Tint	υ
(mm)	(mm/dev)	(N)	(N)	(mm)	(mm)	(°C)	(°)
0,25	0,101	62,87	26,15	0,280	0,340	477,33	56,1
0,25	0,204	113,38	38,49	0,400	0,423	515,01	67,4
0,25	0,409	190,39	56,43	0,540	0,730	543,28	80,8
0,25	0,818	335,58	82,63	0,785	0,840	477,33	89,2
0,50	0,101	132,68	56,19	0,430	0,520	505,59	42,2
0,50	0,204	226,64	82,71	0,480	0,632	533,86	50,7
0,50	0,409	388,90	121,26	0,660	1,000	477,33	60,8
0,50	0,818	672,92	177,53	0,910	1,340	571,54	72,8
0,75	0,101	200,14	87,77	0,565	0,620	486,75	35,7
0,75	0,204	342,89	129,20	0,695	0,768	515,01	42,9
0,75	0,409	585,41	189,41	0,740	1,060	543,28	51,5
0,75	0,818	996,43	277,31	1,050	1,410	571,54	61,7
1,00	0,101	254,15	120,72	0,785	0,720	515,01	31,7
1,00	0,204	451,41	177,71	0,885	0,880	552,7	38,1
1,00	0,409	775,42	260,53	0,980	1,122	524,43	45,7
1,00	0,818	1333,10	381,44	1,320	1,540	505,59	54,8
1,25	0,101	330,90	153,95	0,845	1,154	505,59	29,0
1,25	0,204	565,42	226,61	0,940	1,250	515,01	34,8
1,25	0,409	982,54	332,23	1,150	1,326	533,86	41,7
1,25	0,818	1675,59	486,41	1,485	1,673	520,15	50,0

EK 1. "a-s"e Göre Deneylerde Elde Edilen Kesme Kuvveti, Teğetsel Kuvvet, talaş Kalınlığı, Takım-Talaş Temas Uzunluğu, Arayüzey Sıcaklığı ve Yana talaş Akış Açısı Değerleri

Kesme Derinliği	İlerleme	Kesme Kuvveti	Teğetsel Kuvvet	Talaş Kalınlığı	Takım-Talaş Temas Uzunluğu	Arayüzey Sıcaklığı	Yana Talaş Akış Açısı
P40-St37 (B Tipi Talaş Kırıcı)							
a	s	F	Ft	h	l	Tint	υ
(mm)	(mm/dev)	(N)	(N)	(mm)	(mm)	(°C)	(°)
0,25	0,101	63,88	26,71	0,295	0,714	431,57	55,9
0,25	0,204	115,13	39,31	0,375	0,735	534,08	67,4
0,25	0,409	197,58	57,63	0,630	1,057	445,19	81,2
0,50	0,101	135,13	57,11	0,395	0,740	527,24	41,8
0,50	0,204	225,00	84,07	0,625	1,011	513,57	50,4
0,50	0,409	382,40	123,25	0,730	1,475	540,92	60,7
0,75	0,101	202,64	89,21	0,445	0,954	554,59	35,3
0,75	0,204	341,65	131,33	0,665	1,3095	568,27	42,5
0,75	0,409	585,91	192,53	0,785	1,799	554,69	51,2
1,00	0,101	267,89	121,29	0,575	0,989	543,57	31,3
1,00	0,204	462,40	178,54	0,765	1,333	534,08	37,7
1,00	0,409	785,15	261,75	0,950	1,983	534,08	45,4
1,25	0,101	361,10	156,48	0,630	1,080	530,66	28,5
1,25	0,204	570,00	230,35	0,920	1,458	535,79	34,3
1,25	0,409	979,00	337,70	1,120	2,150	534,11	41,3

P40-1040 (B Tipi Talaş Kırıcı)							
a	s	F	Ft	h	l	Tint	υ
(mm)	(mm/dev)	(N)	(N)	(mm)	(mm)	(°C)	(°)
0,25	0,101	77,50	19,63	0,240	0,396	653,86	56,8
0,25	0,204	134,10	35,67	0,300	0,489	702,01	67,4
0,25	0,409	231,36	64,43	0,420	1,131	677,93	79,8
0,50	0,101	155,00	41,87	0,250	0,483	734,11	42,3
0,50	0,204	268,96	76,10	0,390	0,667	758,18	50,2
0,50	0,409	462,73	137,46	0,475	1,207	726,08	59,5
0,75	0,101	233,15	65,19	0,380	0,782	734,11	35,7
0,75	0,204	402,31	118,50	0,480	0,862	758,18	42,3
0,75	0,409	694,09	214,04	0,510	1,251	814,36	50,1
1,00	0,101	310,00	89,75	0,450	1,000	702,01	31,6
1,00	0,204	537,92	163,13	0,540	1,184	766,21	37,4
1,00	0,409	925,45	294,65	0,820	1,322	814,36	44,4
1,25	0,101	387,50	114,71	0,530	1,118	718,06	28,7
1,25	0,204	672,40	208,51	0,590	1,250	726,08	34,1
1,25	0,409	1153,58	376,62	0,925	1,380	782,26	40,4

EK 1. "a-s"e Göre Deneylerde Elde Edilen Kesme Kuvveti, Teğetsel Kuvvet, talaş Kalınlığı, Takım-Talaş Temas Uzunluğu, Arayüzey Sıcaklığı ve Yana talaş Akış Açısı Değerleri

Kesme Derinliği	İlerleme	Kesme Kuvveti	Teğetsel Kuvvet	Talaş Kalınlığı	Takım-Talaş Temas Uzunluğu	Arayüzey Sıcaklığı	Yana Talaş Akış Açısı
P10-1040 (B Tipi Talaş Kırıcı)							
a	s	F	Ft	h	l	Tint	υ
(mm)	(mm/dev)	(N)	(N)	(mm)	(mm)	(°C)	(°)
0,25	0,101	79,94	19,69	0,335	0,379	437,19	53,1
0,25	0,204	143,91	35,78	0,530	0,402	437,19	64,2
0,25	0,409	225,35	64,64	0,610	0,690	513,17	77,4
0,50	0,101	150,69	42,13	0,375	0,402	475,18	39,9
0,50	0,204	263,26	76,58	0,565	0,501	535,97	48,3
0,50	0,409	451,70	138,33	0,725	0,852	482,78	58,3
0,75	0,101	235,07	65,92	0,460	0,483	490,38	33,8
0,75	0,204	393,84	119,82	0,635	0,678	535,97	40,9
0,75	0,409	689,15	216,42	0,770	1,023	566,36	49,3
1,00	0,101	312,43	90,60	0,600	0,586	490,38	30,0
1,00	0,204	528,12	164,68	0,755	0,885	528,37	36,3
1,00	0,409	912,03	297,46	0,895	1,218	558,76	43,8
1,25	0,101	381,79	115,62	0,790	0,724	482,78	27,4
1,25	0,204	669,70	210,16	0,875	0,979	520,77	33,1
1,25	0,409	1153,15	379,61	1,150	1,321	566,36	40,0

P10-St37 (B Tipi Talaş Kırıcı)							
a	s	F	Ft	h	l	Tint	υ
(mm)	(mm/dev)	(N)	(N)	(mm)	(mm)	(°C)	(°)
0,25	0,101	60,10	26,52	0,345	0,379	477,33	56,5
0,25	0,204	112,51	39,04	0,530	0,414	401,96	67,9
0,25	0,409	191,39	57,23	0,585	0,598	524,43	81,4
0,50	0,101	129,50	56,72	0,395	0,437	496,17	41,2
0,50	0,204	222,84	83,49	0,565	0,575	515,01	49,5
0,50	0,409	383,90	122,40	0,645	0,914	580,96	59,3
0,75	0,101	201,14	88,80	0,485	0,546	477,33	34,2
0,75	0,204	343,89	130,72	0,620	0,747	505,59	41,1
0,75	0,409	593,45	191,64	0,735	0,948	543,28	49,3
1,00	0,101	254,14	122,14	0,615	0,675	486,75	30,0
1,00	0,204	461,41	179,79	0,730	0,851	524,43	36,0
1,00	0,409	766,42	263,59	0,850	1,379	543,28	43,2
1,25	0,101	325,90	155,76	0,835	0,783	439,64	27,1
1,25	0,204	571,42	229,28	0,875	1,046	524,43	32,5
1,25	0,409	982,50	336,14	1,100	1,356	543,28	39,0

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	19.07.1965	
Doğum Yeri	İstanbul	
Lise	1979-1982	Kartal Endüstri Meslek Lisesi
Lisans	1982-1987	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1987-1990	Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mak. Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı
Doktora	1992-2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mak. Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı

Çalıştığı Kurum(lar)

1989-

Y.T.Ü. Makina Fakültesi Makine Mühendisliği
Bölümü Araştırma Görevlisi